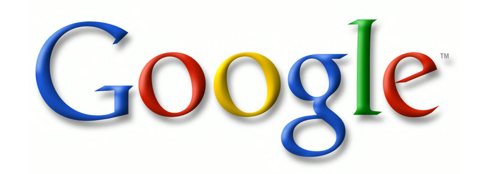
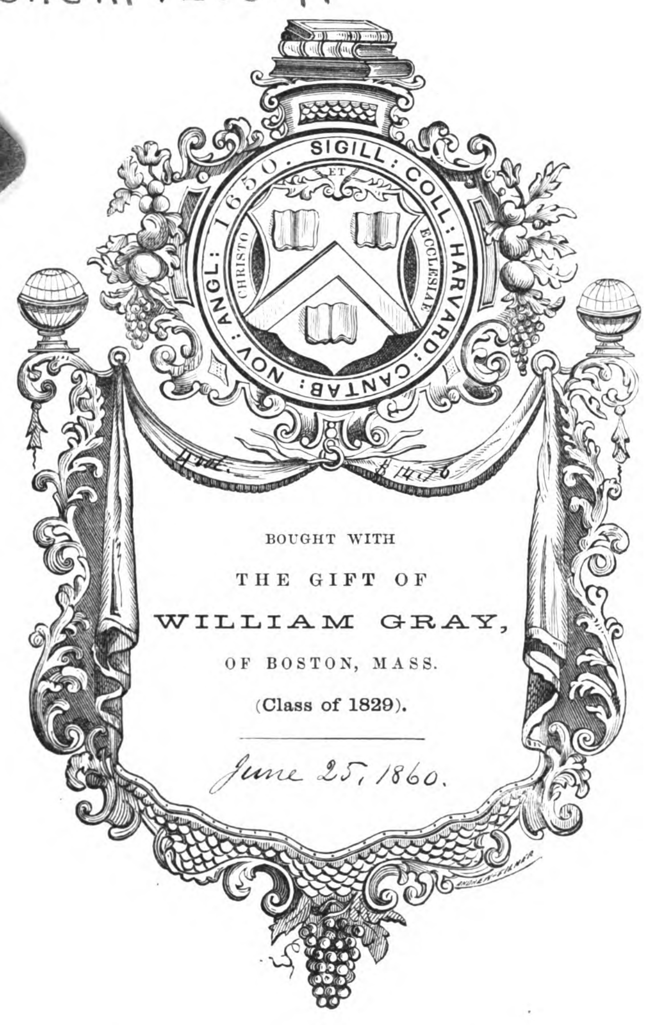





SIGILL: COLL: HARVARD: CANTAB: NOV: ANGL: 1650.
CHRISTO ET ECCLESIAE



Handbuch

der

Eisenhüttenkunde

von
Carl Johann Bernhard
Dr. C. J. B. Karsten,

Königl. Preuß. Geheimen Ober-Bergrathe, ordentlichem Mitgliede der Akademie der Wissenschaften zu Berlin, und mehrer gelehrten Gesellschaften ordentlichem und Ehrenmitgliede.

Mit einem Atlas von 63 Kupfertafeln.

Erster Theil.

Die Eigenschaften des Eisens.

Dritte, ganz umgearbeitete Ausgabe.

Berlin.
Gedruckt und verlegt bei G. Reimer.
1841.

dung der Theorie des Eisens führen werden. Was schon in den Hand- und Lehrbüchern der Chemie über die Verbindungen des Eisens gelehrt wird, oder was von dem chemischen Verhalten des Eisens zu anderen Körpern für den Praktiker, für welchen dies Werk zunächst bestimmt ist, nur ein entferntes Interesse gehabt haben würde, ist nicht wieder aufgenommen worden, um die Natur und die Eigenschaften des Eisens, worüber man in jenen Schriften keinen Aufschluß findet, desto ausführlicher abhandeln zu können. Die systematische Anordnung des ganzen Werkes ist eben so beibehalten, wie sie in der zweiten Ausgabe befolgt ward, weil ich keinen Grund hatte, davon abzugehen und weil es den Lesern nicht angenehm gewesen seyn würde, eine andere als die ihnen bereits bekannte Anordnung zu finden. Dagegen sind die einzelnen Abschnitte fast gänzlich umgearbeitet, so daß diese Ausgabe als ein neues Werk anzusehen ist, welches mit der vorhergehenden nur hinsichtlich der Reihenfolge der abgehandelten Gegenstände übereinstimmt.

Eine besondere Sorgfalt habe ich dem praktischen Theil der speciellen Eisenhüttenkunde gewidmet, und dadurch, wie ich hoffe, den Wünschen nach einer größeren Vollständigkeit, die mir von verschiedenen Seiten, sowohl durch die öffentlichen Beurtheilungen der zweiten Ausgabe dieses Handbuches, als auf dem Wege der Privat-Correspondenz zugekommen sind, entsprochen. Dennoch würde der Zweck dieses Werkes: eine vollständige theoretische und praktische Kenntniß des Eisenhüttenwesens zu verbreiten, nur unvollkommen erreicht worden seyn, wenn der Herr Verleger nicht bereit gewesen wäre, das Handbuch mit einem Kupfer-

Atlas zu versehen, der, in 63 Blättern, die bewährtesten Einrichtungen darstellt, welche bei der Gewinnung und Verarbeitung des Eisens auf den Eisenhüttenwerken in Anwendung kommen. Die Erläuterung der Kupfertafeln, in so ferne sie, ohne den Zusammenhang des Vortrages zu sehr zu unterbrechen, nicht schon im Text aufgenommen werden konnte, ist in einem besonderen Hefte zusammen getragen.

Berlin, am 26. Mai 1841.

Vorrede

zur zweiten Ausgabe.

Dem Mangel an brauchbaren Schriften über das Eisenhüttenwesen kann ich nur allein den unverdienten Beifall zuschreiben, welchen mein Handbuch der Eisenhüttenkunde nicht bloß in Deutschland, sondern auch im Auslande gefunden hat. Die Vergleichung der ersten Ausgabe mit der zweiten, welche ich der Prüfung und Beurtheilung der Leser hiermit übergebe, wird, wie ich hoffe, augenscheinlich darthun, daß ich die Unvollkommenheiten und die großen Mängel des Handbuches mir selbst keinesweges verhehlt habe. Obgleich ich nämlich keine Veranlassung fand, von dem früheren Plan bei der Bearbeitung der Gegenstände abzugehen, so wird es doch nur eines flüchtigen Blickes bedürfen, um zu der Ueberzeugung zu gelangen, daß die neue Ausgabe mit der älteren fast nichts weiter als die Anordnung, oder als die Reihenfolge der abgehandelten Materien gemein hat, und daß sie in der speciellen Aus-

führung als ein ganz neues, von der ersten Ausgabe ganz verschiedenes Werk zu betrachten ist.

Die größere Vollständigkeit der neuen Auflage, bei welcher sich freilich ein größerer Umfang des Werkes nicht vermeiden ließ, wird man mir hoffentlich eben so wenig zum Vorwurf machen, als die Hinzufügung von mehreren Zeichnungen, welche zur Erläuterung des Vortrages wesentlich nothwendig waren. Daß die erste Ausgabe so kärglich mit Zeichnungen ausgestattet werden mußte, ist wohl eine große Mangelhaftigkeit derselben zu nennen. Auch bei dieser neuen Ausgabe hat es mir, um das Werk nicht zu sehr zu vertheuern, Ueberwindung gekostet, mich nur auf die Mittheilung der nothwendigsten Zeichnungen zu beschränken. Weil diese, mit wenigen Ausnahmen, nach wirklich vorhandenen und bewährt befundenen Ausführungen entworfen sind, so erhalten sie dadurch einen noch höheren Werth, indem sie zugleich als Musterblätter dienen können.

Es sind jetzt elf Jahre verflossen, seitdem dies Handbuch zuerst erschien, und dies ist der Zeitraum, welcher reich an neuen praktischen Erfahrungen und an theoretischen Aufschlüssen über die Erscheinungen bei der Eisenbereitung gewesen ist. Nicht bloß in den europäischen Staaten, sondern auch jenseits des atlantischen Meeres, haben Bedürfniß und fortschreitende Intelligenz auf die Wichtigkeit des Eisenhüttengewerbes für die innere und die äußere Wohlfahrt der Länder hingewiesen, und zu einem regen Wetteifer in der Vervollkommnung der bestehenden Einrichtungen, so wie in der Einführung neuer Fabrikationsmethoden Veranlassung gegeben. Bei diesen großen Fortschritten in der

Technik, muß es wohl auffallen, daß man die Erkenntniß der Natur und der Eigenschaften des eigentlichen Gegenstandes der Industrie so sehr vernachläßigte, daß man, selbst in den neuesten und gründlichsten Schriften, die unrichtigsten Angaben über die Natur desjenigen Metalles findet, von dessen Benutzung das Bestehen der Staaten und die Befriedigung der Bedürfnisse und Bequemlichkeiten der menschlichen Gesellschaft abhängig geworden ist. Ob es mir gelungen, die Natur des Eisens richtiger als meine Vorgänger zu erforschen und dadurch zugleich zur Vervollkommnung der praktischen Operationen bei der Eisenbereitung beizutragen, mögen sachkundige Richter entscheiden.

Ich habe es vorgezogen, das Werk, statt früher aus zwei, jetzt aus vier Bänden bestehen zu lassen. Von diesen handelt der erste von den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Eisens; der zweite von den Eisenerzen, von den Brennmaterialien und von den Gebläsen; der dritte von der Roheisenerzeugung und vom Gießereibetrieb, und der vierte von der Stabeisenbereitung und von der Stahlfabrikation. Diese, an sich ganz unwesentliche Einrichtung, wird dadurch sehr zweckmäßig, daß der Herr Verleger sich entschlossen hat, die Bände zu vereinzeln, um Denen, deren specielles Interesse nur auf einen Theil der Eisenhüttenkunde gerichtet ist die Anschaffung zu erleichtern.

Berlin, am 3. August 1827.

Vorrede
zur ersten Ausgabe.

Die Resultate zwölfjähriger Beobachtungen, Erfahrungen und Versuche auf Eisenhüttenwerken, welche ich vermöge meines Amtes zu machen und anzustellen Gelegenheit hatte, würde ich noch nicht zu einem vollständigen System der Eisenhüttenkunde zusammenzutragen gewagt haben, wenn die Verpflichtung: die Eisenhüttenkunde auf der hiesigen Universität vorzutragen, mich nicht, fast wider meinen Willen, dazu veranlaßt hätte. Wer mit dem Zustande der Literatur des Eisenhüttenwesens vertraut ist, den kann es nicht befremden, daß ich bei meinen Vorträgen einen neuen und eigenthümlichen Weg einzuschlagen gezwungen ward: daß ich mich daher bei der Bekanntmachung meines Systems und bei dem öffentlichen Erscheinen meines Handbuchs der Eisenhüttenkunde, nicht in dem Fall vieler Schriftsteller befinde, welche die Gründe hervorsuchen, warum sie die Zahl der schon vorhandenen Hand- und Lehrbücher noch um eins

Die Fortschritte, welche das Eisenhüttenwesen in Schlesien, durch die Weisheit und durch die beispiellose Thätigkeit des Staatsministers Herrn Grafen von Reden gemacht hat, sind in Deutschland allgemein bekannt, ohne daß die Schöpfungen seines umfassenden Geistes durch Schriften jemals zur allgemeinen Kenntniß gebracht worden wären. So beurkundet sich das wahre Verdienst und das wahrhaft Große durch sich selbst, ohne eines Lobredners zu bedürfen. Heilig ist dem Staate, vorzüglich der Provinz Schlesien, welcher er die beste Zeit seines Lebens, seine Gesundheit, seine Kräfte geopfert, sein Andenken; heilig ist es vorzüglich auch mir, indem ich so glücklich war, seines Vertrauens gewürdigt zu seyn, und in den letzten Jahren seines thätigen Strebens an der Ausführung seiner Beschlüsse Theil zu nehmen. Was zur Vollendung des Eisenhüttengewerbes in Schlesien sein richtiger und treffender Blick für die Zukunft aufbewahrt hatte, das sollte er nach dem Willen des Schicksals nicht mehr erleben. Heilig und unerlöschlich lebt sein Andenken in uns fort; aber auch sein Geist, der Geist der Eintracht, der Thätigkeit und der unerlöschlichen Ausdauer, möge niemals von uns weichen! — Heil und Segen den Bemühungen der Nachfolger des Edlen, die seiner Bahn folgend, das Ziel, welches er sich vorgesteckt hatte, zum Glück und zum Wohl des Staates, bald und vollkommen erreichen mögen!

Breslau, am 1. März 1816.

Inhalt
des ersten Bandes.

Einleitung.

Handbuch

der

Eisenhüttenkunde.

Erster Theil.

Einleitung.

§. 1.

Die Mineralien, oder die natürlichen Verbindungen der Metalle mit anderen Körpern, welche durch einen eigenthümlichen Prozeß von ihnen abgeschieden werden müssen, um das Metall rein daraus zu erhalten, werden *Erze* genannt. Unter *Metallurgie* versteht man den Theil der angewandten Chemie, welcher die in den Erzen befindlichen Metalle durch zweckmäßige Behandlung im Großen darzustellen lehrt, und welcher die Regeln angiebt, nach denen die Darstellung mit den größten ökonomischen Vortheilen bewirkt werden kann. Die Vorrichtungen zur Verarbeitung der Erze befinden sich in Gebäuden, welche zu jenem Zweck besonders eingerichtet sind und welche man, in Deutschland: Hütten genannt hat, wodurch die Benennung *Hüttenkunde* für Metallurgie entstanden ist. Früher gab man der Metallurgie auch den Namen *Schmelzkunst*, weil die Verarbeitung der Erze fast immer in einer erhöheten Temperatur vorgenommen und durch dieselbe eine mehr oder weniger vollständige Schmelzung herbeigeführt wird. Es giebt aber metallurgische Prozesse bei denen keine Schmelzung statt findet, und andererseits giebt es Schmelzprozesse, durch welche ein metallurgischer Zweck nicht erreicht werden soll, weshalb der Name Schmelzkunst für Metallurgie nicht passend gewählt ist.

§. 2.

Die Lehre von der Darstellung der Metalle aus ihren Erzen im Kleinen, bezeichnet man mit dem besondern Namen Dokimasie oder Probirkunst. Der Dokimasie und der Metallurgie liegen daher gleiche Zwecke, nämlich die Darstellung des Metalles aus dem Erze zum Grunde; allein die Behandlungsart der Erze, oder die Mittel zu jenem Zweck, sind gewöhnlich ganz verschieden. Wenn es möglich wäre, die Erze im Großen derselben Behandlung zu unterwerfen, welche man im chemischen Laboratorio anwenden kann, so würden Dokimasie und Metallurgie ganz gleich bedeutend seyn. Dies ist aber, wegen der Verschiedenheit der Vorrichtungen bei der Darstellung des Metalles in großen und in kleinen Quantitäten, welche durch ökonomische Rücksichten bedingt sind, nicht ausführbar. Deshalb ist es nöthig, die Regeln der Gewinnung der Metalle aus ihren Erzen im Großen, von denen zu unterscheiden, welche bei der Darstellung im Kleinen befolgt werden müssen. Durch die dokimastischen Proben wird der Metallgehalt des Erzes fast vollständig ermittelt und daher dient die Dokimasie zur Controlle für die metallurgischen Prozesse.

§. 3.

Von den Eigenschaften des Metalles, so wie von denen des Erzes aus welchem das Metall dargestellt werden soll, ist die Behandlungsart des Erzes, oder der metallurgische Prozeß, ganz abhängig. Nicht immer kann das darzustellende Metall sogleich bei der ersten Behandlung seines Erzes rein und von aller Beimischung befreit, erhalten werden. Es befindet sich dann in einem Zustande in welchem es Halb- oder Zwischenprodukt genannt zu werden pflegt, nämlich in einem concentrirteren Zustande wie in dem Erz, aber noch mit andern Substanzen verbunden und verunreinigt. Die übrigen Bestandtheile des Erzes, welche durch den metallurgischen Prozeß abgesondert worden sind, heißen im Allgemeinen Abgänge, und in dem besonderen Fall

wenn die Absonderung durch Schmelzung erfolgt: Schlacken. Abgänge und Schlacken werden zuweilen einer wiederholten metallurgischen Behandlung unterworfen. Die Metallurgie muß daher die Eigenschaften des Metalles, so wie die der zu behandelnden Erze kennen lehren, sie muß die Behandlungsart vortragen, welche durch die Eigenschaften des Metalles und seiner Erze bedingt werden, und dabei auf die Beschaffenheit der entstehenden Halbprodukte und Abgänge Rücksicht nehmen, um unter mehren Prozessen denjenigen zu wählen, durch welchen das Metall am vollständigsten und mit den größten ökonomischen Vortheilen gewonnen werden kann.

§. 4.

Der Metallurge benennt die Erze nach den Metallen, oder im weiteren Umfange nach den Körpern, — welche aus ihnen dargestellt werden sollen. Das Erz woraus Blei gewonnen wird, heißt Bleierz; das Erz woraus Eisen dargestellt wird, Eisenerz; das Erz welches durch den metallurgischen Prozeß Schwefel, Vitriol oder Alaun liefert, Schwefelerz, Vitriolerz, Alaunerz. Die Metallurgie, und mit ihr die Dokimasie, theilen sich daher in eben so viele besondere Zweige, als Gegenstände des Darzustellenden vorhanden sind, weil die verschiedenartige Beschaffenheit der Erze und der daraus zu gewinnenden Substanzen, die Anwendung verschiedenartiger Mittel — metallurgischer Prozesse — nothwendig macht. Bei der Behandlung der Erze von verschiedenartigen Metallen kommen indeß Vorrichtungen und Operationen vor, welche sich mehr oder weniger wiederholen und daher nicht als eigenthümlich für die Verarbeitung der Erze eines einzelnen Metalles zu betrachten sind. Die Metallurgie läßt sich folglich in die allgemeine und in die specielle eintheilen. Die allgemeine Metallurgie beschäftigt sich mit den metallurgischen Vorrichtungen überhaupt, ohne Rücksicht auf die, zu den Erzen eines jeden besonderen Metalles erforderlichen eigenthümlichen Vorkehrungen. Die specielle Metal-

als solches nicht gebraucht, wenn keine Gelegenheit vorhanden ist, es als Material zu Stabeisen oder zu Stahl zu verwenden, sondern es muß eine bestimmte Form erhalten, um als Gußwaare seine Käufer zu finden. Auch das Stabeisen muß eine bestimmte Gestalt erhalten, und entweder zu Stäben von sehr verschiedenen Dimensionen, oder zu Blechen, oder zu Drath ausgezogen werden. Selbst der Stahl kann in den mehrsten Fällen erst Kaufmannswaare werden, wenn er nach seiner Darstellung noch einer Verfeinerungsarbeit unterworfen wird. Daraus ergiebt sich ein Umfang für die Metallurgie des Eisens, wie er bei allen anderen Metallen nicht angetroffen wird.

§. 6.

In sehr hoher Achtung stand das Eisen bei den ältesten bekannten Völkern der Erde. Mit Recht nennt schon Plinius dies Metall das herrlichste und das unheilbringendste Werkzeug in des Menschen Hand, und unser jetzige gesellschaftliche Zustand macht es unbegreiflich, wie man ohne Eisen leben, oder wie wenigstens eine gesellschaftliche Vereinigung zu einem Staate, anderen Staaten gegenüber, als möglich gedacht werden kann. Man muß sich darüber wundern, daß die Kenntniß des Eisens so alt ist wie die Geschichte der Völker, weil es regulinisch nicht angetroffen wird und weil die Darstellung dieses Metalles aus seinen Erzen, nicht ohne Beseitigung mancher Schwierigkeiten und ohne bereits erlangte metallurgische Fortschritte geschehen kann. Zwar hat man die Meinung aufgestellt, daß das Eisen vor Jahrtausenden häufiger als jetzt im regulinischen Zustande, als Meteoreisen, auf der Erdoberfläche angetroffen worden sey; aber eine solche Annahme ist sehr unwahrscheinlich. Das Eisen war, in der damals bekannten Welt, zu schnell ein allgemeines Eigenthum der Völker geworden, und die Kenntniß von der Bearbeitung dieses Metalles hatte sich zu allgemein verbreitet, als daß man nicht voraussetzen dürfte, daß unsere Vorfahren es sehr frühe aus seinen Erzen darzustellen gelernt hätten. Wenn es

jemals möglich wäre, durch historische Untersuchungen den Ursprung von der Kenntniß der Metalle zu erforschen, so müßte es bei dem Eisen geschehen können, weil die Darstellung dieses Metalles nicht früher statt finden konnte, als bis die Menschen eine gewisse Kunstfertigkeit in der Behandlung der Metalle und ihrer Erze erlangt hatten. Diese Bemerkung bezieht sich nur auf die erste Auffindung oder Darstellung des Eisens aus seinen Erzen, denn sobald die Entdeckung erst einmal gemacht war, so blieb sie ein Eigenthum der menschlichen Gesellschaft, wenn gleich viele Völkerschaften sehr spät zu dieser Kenntniß gelangen mogten. Aber die Entdeckung und Bearbeitung des Eisens sind es gerade, welche in den Mythen der Völker der unmittelbaren Eingebung der Götter, oder auch fabelhaften Personen zugeschrieben werden, woraus hervorgeht, daß die Kenntniß des Eisens älter ist als alle Geschichte. Es läßt sich hiermit wohl vereinigen, daß in den ältesten Zeiten von welchen wir eine Kunde besitzen, der Gebrauch des Eisens höchst beschränkt war, und daß dies Metall sehr hoch geachtet wurde, denn die Schwierigkeit seiner Darstellung verhinderte die allgemeine Anwendung. Es läßt sich damit auch sehr wohl vereinigen, daß viele Völkerschaften erst spät zur Kenntniß des Eisens gelangten, so daß sich mit historischer Gewißheit nachweisen läßt, daß manche Völker, als man sie kennen lernte, noch gar nicht im Besitz dieser Kenntniß gewesen sind.

In dem ältesten, uns bekannten, ganz ausgebildeten Staate, in dem Egyptischen, muß das Eisen noch wenig bekannt gewesen seyn, als dort schon ein wichtiger und vollständiger Goldbergbau betrieben ward. Agatharchides, welcher die dortigen Gruben etwa 200 Jahre v. C. G. besuchte, erzählt, daß dieser Bergbau schon damals uralt gewesen und von den ersten Königen des Landes aufgenommen worden sey. Er bemerkt, daß dieser Bergbau auflässig geworden, als die Aethiopier Egypten mit Kriegsvölkern überzogen hätten, also etwa im Jahre 750

nen Waffe leichter ersetzbar schien. Zwar haben sich manche Völkerschaften noch in sehr späten Zeiten der kupfernen Waffen bedient, aber diese werden auch nur als Ausnahmen von der Regel in der Geschichte bezeichnet. Wohl wenig Gegenden auf der Erdoberfläche giebt es, denen die Erze von diesem nothwendigsten unter allen Metallen versagt wären, und dies ist der Grund, daß das Eisen nicht bloß das gemeinste, sondern auch fast das wohlfeilste unter allen Metallen geblieben ist, ungeachtet das menschliche Geschlecht, so lange als es die Erde bewohnt, so viel von diesem Metall aus ihrem Schooße genommen hat, daß man über die Menge erstaunen müßte, wenn es möglich wäre, die ungeheure Eisenmasse in Zahlen ausgedrückt anzugeben, welche die Befriedigung der Bedürfnisse, die Wuth der Kriege, die Beförderung der Cultur und der zunehmende Luxus erfordert haben.

§. 7.

Alles was uns von den metallurgischen Kenntnissen unserer Vorfahren, hinsichtlich des Eisens und seiner Darstellung aus den Erzen, überliefert worden ist, beschränkt sich auf wenige, zum Theil nicht ganz zuverlässige, oder doch einer zweifelhaften Auslegung unterworfene Nachrichten von Aristoteles, Plinius, Diodor und Strabo.

Der Unterschied zwischen härterem und weicherem Eisen ist den Völkern längst bekannt gewesen, auch darf man aus einigen Andeutungen schließen, daß man schon mehre Jahrhunderte vor unserer Zeitrechnung denjenigen Zustand des Eisens kannte, bei welchem es in der Schmelzhitze flüssig ist. Aber eine Anwendung von dem Roheisen hat man wahrscheinlich nicht gemacht, denn der Eisenguß scheint erst zu Anfang des 15. Jahrhunderts n. C. G. aufgekommen zu seyn. Merkwürdig sind jedoch einige Stellen bei Plinius. Als Aristonidas den rasenden Athamas in der Reue über das Hinabstürzen seines Sohnes Learchus darstellen wollte, versetzte er das Kupfer mit Eisen (XXXIV. 40.) damit der durch das glänzende Kupfer hin-

durchschimmernde Eisenrost, die Schaamröthe über seine That ausdrücke, und diese Bildsäule, sagt er, ist noch jetzt zu Theben vorhanden. Dort befindet sich auch der eiserne Herkules den Alkon verfertigte, und in Rom sehen wir die eisernen Becher, welche im Tempel des Mars Ultor geweihet sind. Ferner erzählt er: (42.) Dinochares hatte den Anfang zu einem gewölbten Tempel aus Magneteisenstein gemacht, welcher für die Arsinoe erbaut werden sollte, um darin ihr Bildniß aus Eisen in der Luft schweben zu lassen; aber Ptolomäus Tod verhinderte die Vollendung des Baues. (Eine auch für die Geschichte des Magnetismus merkwürdige Stelle.) Sehr bestimmt bemerkt Plinius aber (41.) die merkwürdige Eigenschaft des Eisens, daß es beim Ausschmelzen aus seinen Erzen wie Wasser fließe; eine Eigenschaft die Aristoteles (Meteorol. IV. 6.) schon lange vorher auch gekannt und erwähnt hat. Es ist sogar sehr wahrscheinlich, daß Aristoteles das in diesem Zustande befindliche Eisen, also das Roheisen, mit einem besonderen Namen bezeichnet. Σταγὼν ist nämlich dieser Name, welcher im Gegensatz von der Schlacke gebraucht, und womit das aus dem Erze geschmolzene Eisen bezeichnet wird. Timäus (p. 556 ed. Gal.) nennt σταγὼν gemeinschaftlich mit Kupfer, Zinn und Blei, weshalb kei Zweifel darüber seyn kann, daß jener Name nicht einem wirklichen Metall zukommt. Da nun σταγὼν nach der ursprünglichen Wortbedeutung einen Tropfen bedeutet; so wird es um so wahrscheinlicher, daß man das tropfbar flüssige Eisen, das Roheisen, mit jenem Namen belegte, indem es sonst ganz überflüssig gewesen seyn würde, das Stabeisen anders als mit σίδηρος oder χάλυψ zu bezeichnen. Bei den Römern finden wir aber für Roheisen keinen Namen. — Daß man das magnetische Eisen (den Magnet) Adamas nannte, hat Schneider (Analecta 34.) dargethan.

Wenn gleich der Unterschied zwischen hartem und weichem schmiedbarem Eisen schon eben so lange bekannt war, als eine

Kunde von der Kenntniß des Eisens überhaupt zu uns gelangt ist, so scheint es doch nicht, daß die Römer, — wenigstens bis zu Plinius Zeiten, — für Stabeisen und Stahl besondere Namen gehabt haben. Ferrum war der Name für Eisen und Stahl, so lange sich der letztere im ungehärteten Zustande befand; ein gehärtetes Eisen hieß acies. Der Name chalybs scheint später mit acies gleich bedeutend geworden zu seyn, bis er endlich in sehr später Zeit ausschließlich nur für Stahl gebraucht worden ist. Eben so verhält es sich auch mit den griechischen Namen. Σίδηρος und χάλυψ sind ganz gleich bedeutend; und es ist nicht zu erweisen, daß χάλυψ jemals nur Stahl allein, oder auch Eisen bedeutet habe, welches die Anlage zur Stahlwerdung besitzt, oder welches Härtung annimmt. Dagegen unterschieden die Griechen das wirklich gehärtete Eisen, den harten Stahl, durch die Benennung στόμωμα, welches Wort man also durch acies oder durch harten Stahl übertragen muß. Nach Aetius (X. 11.) und Celsus (IV. 6.) ist unter στόμωμα auch Eisenhammerschlag zu verstehen.

Die große Verschiedenartigkeit im Verhalten des Eisens war den Alten ebenfalls nicht entgangen. Das Eisen aus dem Lande der Chalyber (wovon χάλυψ abgeleitet seyn soll), stand bei den alten Griechen im größten Ansehen, und erhielt sich lange in seinem guten Ruf, indem man es auch dann noch zu vielen Eisenarbeiten vorzugsweise anwendete, als man das Eisen aus andern Gegenden leichter beziehen konnte. Woher aber das chalybische Eisen kam, darüber hat man keine zuverlässige Nachricht. Im Lande der Chalyber, — auf der Südostseite des schwarzen Meeres, — waren, wie Strabo erzählt (XI.), zu seiner Zeit noch die Spuren von der früher dort statt gefundenen Eisenbereitung, in großer Menge zu sehen. Nächst dem chalybischen war das serische und parthische Eisen berühmt, welches aus Indien kam. Es giebt viele Arten von Eisen, sagt Plinius (XXXIV. 41.). Dem Serischen gebührt unter allen

der Weich, und dann folgt das Parthische. Anderes Eisen wird nicht, wie diese beiden Eisenarten, aus reinem harten Stahl geschmiedet, sondern man setzt ihnen auch weiches Eisen zu. — Auch das spanische Eisen (Celtiberien und Cantabrien), bemerkt er, wird sehr geschätzt, so wie auch das Norische.

Aus welchen Erzen das Eisen erzeugt wird, darüber erhalten wir keine bestimmte Auskunft. Eisenerze, sagt Plinius (41.), werden fast an allen Orten gefunden, sogar die Insel Elba erzeugt Eisen. Die Erze lassen sich sehr leicht auffinden, denn sie verrathen sich schon durch die Farbe der Erde. — In unserem Welttheil (er sprach vorhin von Indien) giebt es auch Eisenerze die ein gutes Eisen liefern, z. B. in Noricum. — In Cantabrien wird auch ein Magneteisenstein gewonnen, aber er kommt dort nicht rein (derb) sondern eingesprengt in anderem Gestein vor. — Die Eisenerze werden unter allen Erzen am häufigsten angetroffen. In dem Theile Cantabriens, der am Meere liegt, und den der Ocean bespült, erhebt sich steil ein hoher Berg, der, — kaum ist es zu glauben, — ganz und gar aus Eisenerz besteht. — So unbedeutend diese Bemerkungen an sich sind, so ergiebt sich doch daraus, daß man, wenigstens zu Plinius Zeiten, schon alle Eisenerze benutzte, welche noch jetzt den Gegenstand des Eisenhüttenbetriebes sind. Unwahrscheinlich ist es allerdings nicht, daß die ersten Entdecker des Eisens, dies Metall aus Magneteisenstein, oder aus Eisenglanz dargestellt haben; allein der Roth- und Braun-Eisenstein erregten gewiß nicht minder bald die Aufmerksamkeit der Menschen, so wie der Spatheisenstein wenigstens in den Gegenden wahrscheinlich sehr früh angewendet worden ist, wo er mit dem Brauneisenstein zusammen gefunden ward. In andern Gegenden mag es lange gedauert haben, ehe man die Benutzung des Spatheisensteins auf Eisen kennen lernte, und kaum ist ja ein Jahrhundert verflossen, seitdem die Anwendung des Sphärosiderits allgemeiner bekannt geworden ist.

Daß Plinius die Ursachen des verschiedenen Verhaltens der Eisensorten, theils in dem Grund und Boden (in genere terrae et coeli), theils in dem Wasser findet, worin das Eisen abgelöscht wird, ist wohl sehr erklärlich, indem man heute kaum zu sagen weiß, warum einige Erze ein vorzüglich gutes, andere ein weniger festes Eisen liefern. Wenn er aber erzählt (41.), daß es noch die Frage sey, ob man in Cappadocien das Eisen aus dem Erze oder aus dem Wasser erhalte, weil das Erz in den Oefen nur dann Eisen hergebe, wenn es mit einem gewissen Flußwasser besprengt werde; so können wir darin nur den Geschichtschreiber erkennen, dem es nicht darauf ankam, sich um den wahren Zusammenhang zu bekümmern. Aus dieser Stelle dürfte aber wenigstens so viel hervorgehen, daß man in Cappadocien eine Methode anwendete, bei welcher eine starke Hitze vermieden werden mußte, um das Erz nicht zu verschlacken, weshalb es von Zeit zu Zeit mit Wasser begossen ward. Daß diese Methode eine Rennarbeit gewesen sey, ist wohl zu vermuthen, wenn gleich nicht zu erweisen.

Das Verfahren das Eisen aus seinen Erzen zu schmelzen, ist dasselbe wie bei den Kupfererzen, sagt Plinius (41.). Auf diese Aeußerung ist nichts zu geben, sondern sie beweist nur, daß Plinius mit dem Gegenstande nicht bekannt war. Vielleicht hat er sagen wollen, daß man beim Verschmelzen der Eisenerze auch Oefen und Heerde anwende, wie bei der Bergarbeitung der Kupfererze. Später finden wir indeß die nicht unwichtige Bemerkung, daß unter den Oefen zur Erzeugung des Eisens ein großer Unterschied statt finde; in einigen würde nämlich nur der Kern des Eisens ausgezogen, welcher zu harten Stahlwaaren angewendet werde; in andern aber werde ein zu Amboßen und Hämmern taugliches Eisen gewonnen. Aristoteles hat uns glücklicherweise diese, von ihm entlehnte, aber von Plinius schlecht benutzte Stelle, deutlicher vorgetragen. Sehr treffend bemerkt Plinius dagegen wieder weiterhin, daß die Güte des

Eisens theils von der Beschaffenheit des Erzes, wie in Noricum, theils von der Bearbeitung in den Hütten abhänge; unmittelbar darauf bringt er aber eine neue Verwirrung in seinen Vortrag, indem er von dem Unterschiede des Härtens des Eisens in Wasser und in Oel redet. Bei einem so verworrenen Schriftsteller lassen sich nur einzelne Sätze herausheben, zu denen auch die interressante Notiz gehört, daß das Eisen beim Ausschmelzen aus seinen Erzen wie Wasser fließe, und dann gleich einem Schwamm zerbrochen werde. Es ist nicht zu verkennen, daß hier die Verarbeitung der Eisenerze in Oefen gemeint ist, wobei man luckige Flossen erzeugte, ähnlich der Blauofenwirthschaft in niedrigen Oefen, wie sie noch heute in einigen Gegenden üblich ist.

„Eisen, welches im Feuer geglüht wird, verdirbt, wenn es nicht durch Hämmern gehärtet wird (43.); aber im rothglühenden Zustande läßt es sich noch nicht hämmern, sondern dazu ist Weißglühhitze erforderlich.“ Gewiß eine sehr treffende und eine richtige Kenntniß des Eisens voraussetzende Bemerkung desjenigen, dem Plinius sie nachgeschrieben hat. — Einige Erze, bemerkt Plinius an einer andern Stelle (41.), geben nur ein weiches, bleiartiges Eisen; andere ein brüchiges, welches zu Rädern und Nägeln nicht zu gebrauchen ist, wozu nur die erste Art angewendet werden kann. Einer dritten Sorte bedient man sich gern zu den kleinen Nägeln unter den Schuhen, weil sie selbst kurzbrüchig ist; noch eine andere Sorte ist sehr zum rosten geneigt. Alle diese Eisenarten nennt man Stricturae, welches Wort bei anderen Metallen nicht gebräuchlich, sondern von der Behandlung des harten Stahls hergenommen ist, den man zu Stäben auszieht. — Es geht aus dieser Stelle hervor, daß das Ausschmieden des Eisens zu Stäben, bei den Römern strictura genannt worden ist.

Noch jetzt bedient man sich in Abissinien des Eisens als Münze. Pollux erwähnt (Onom. IX. 6.) der eisernen Münze der Lacedämonier, die sehr groß gewesen sey und wenig gegol-

ten habe; diese Münze sey aber in Essig abgelöscht worden. Wahrscheinlich ist die Stelle aus Plutarch (vita Lycurgi) entlehnt, welcher erzählt, daß Lycurg bei der Einführung der eisernen Münze zugleich die weise Anordnung getroffen habe, das glühende Eisen vor dem Ausprägen in Essig ablöschen zu lassen. Dadurch habe es seine Härte völlig verloren, und sey auch zu jedem andern Gebrauch untauglich geworden, so daß ein Aufkaufen der Münze durch Fremde und ein dadurch entstehender Geldmangel nicht mehr zu befürchten gewesen sey. Daß das Eisen in sehr dünnen Platten auf diese Weise unbrauchbar geworden seyn könne, ist leicht möglich. Auch Plinius bemerkt, daß das mit Essig bestrichene Eisen das Ansehen des Kupfers erhalte, womit er wahrscheinlich auf die rothe Farbe des Eisenrostes hindeutet.

Die unklaren und unzusammenhängenden Nachrichten über die Eisenbereitung bei Plinius, erhalten einiges Licht durch die, freilich auch nicht ganz genügenden, Mittheilungen von Aristoteles, welche Plinius wenig sorgfältig benutzt hat. Die Chalyber, bemerkt Aristoteles (de mirab. narr. 49.), sammeln ihre Eisenerze aus dem Sande den die Flüsse mit sich führen. — Buchanan und Heyne haben uns unterrichtet, daß dies noch jetzt in Ostindien geschieht. — Dies Eisenerz wird entweder für sich in einem Ofen geschmolzen; oder, wenn das Eisen besser und reiner ausfallen soll, durch wiederholtes Waschen von allem Sande befreit, und mit einem Zusatz von einem Stein Pyrimachus verarbeitet. Aristoteles erwähnt nicht, daß man bei diesem letzteren Verfahren eine andere Vorrichtung, oder einen anderen Ofen angewendet hätte, als wenn die nicht völlig gereinigten Erze, ohne einen Zusatz von Pyrimachus verschmolzen wurden. Aber bei dieser sorgfältigeren Behandlung soll das vorzüglichste Eisen bereitet worden seyn, welches dem Rosten nicht ausgesetzt war; es sey jedoch, wird hinzugefügt, nur in kleinen Quantitäten von den Chalybern angefertigt worden, übrigens besitze es eine so

weiße Farbe, daß man es von dem Silber nicht würde haben unterscheiden können, wenn es nicht in einem und demselben Ofen geschmolzen worden wäre.

Aus dieser Aeußerung ist zu vermuthen, daß das Eisen in Heerden, nach Art der Luppen- oder Rennfeuer, oder in Stücköfen, bereitet ward, also nicht durch eine doppelte Arbeit, die dem Aristoteles ebenfalls bekannt seyn mogte, so daß nach seiner Meinung das Eisen von dem Silber durch die Farbe gar nicht würde haben unterschieden werden können, wenn es, wie bei dem Silber geschieht, durch eine doppelte Bearbeitung dargestellt worden wäre. Wollen wir die dunkele Stelle nach unserer jetzigen Ansicht auslegen, so stellte Aristoteles eine Vergleichung an, zwischen dem Roheisen und dem Werksilber (Werkblei) und zwischen dem schmiedbaren Eisen aus dem Roheisen, und dem reinen Silber aus dem Werksilber. Aus dem letzteren ging erst durch eine zweite Bearbeitung das reine Silber mit der glänzenden und weißen Farbe hervor; diese schöne Farbe würde das Eisen auch erhalten haben, wenn es nicht in einem und demselben Ofen bereitet worden wäre. Obgleich dieser Vergleich eben so unrichtig ist, als die Vorstellung welche demselben zum Grunde liegt; so erfahren wir doch dadurch, daß die Chalyber das Eisen entweder in Heerden, oder, was vielleicht wahrscheinlicher ist, in Stücköfen erzeugten, und sogleich schmiedbares Eisen erhielten.

Der Pyrimachus scheint Lava gewesen zu seyn, indem Aristoteles an einem andern Orte (Meteorol. IV. 6.) den Pyrimachus mit dem Mühlstein (μύλιας) vergleicht und bemerkt, daß beide im Feuer schmelzen (weshalb sie auch, nach Theophrast (de lap. 19.) beide beim Schmelzen der Metalle angewendet wurden), daß aber der Pyrimachus nach dem Schmelzen wieder zu einem festen Stein erstarre, wogegen der Mühlstein zu einer schwarzen und mehr zerreiblichen Masse erkalte. Aus der Zusammenstellung des Pyrimachus mit dem Mühlstein

wird es wahrscheinlich, daß beide leichtflüssige Laven gewesen sind, welche sich beim Schmelzen verschieden verhalten haben. — Wäre aber der Pyrimachus auch ein anderes leichtflüssiges Fossil (z. B. Feldspath) gewesen; so folgt doch aus jener Mittheilung des Aristoteles so viel, daß ein und dasselbe Eisenerz bei einem strengflüssigeren Gange ein gewöhnliches, bei einem leichtflüssigeren Gange aber ein stahlartiges Eisen lieferte, welches ganz der Erfahrung gemäß ist.

Sehr lebhaft werden wir an den indischen Wootz erinnert, wenn wir in Galens Schriften (de usu partium I. 11.) die Stelle lesen, daß sich die aus indischem Eisen bereiteten Messer durch ihre ungemeine Härte und durch die Schärfe der Schneide auszeichnen, daß sie aber, wegen der großen Sprödigkeit des Metalles, sehr zum Ausbrechen und Schartigwerden geneigt wären. Deshalb bemerkt auch später Avicenna (bei Vincenz, spec. nat. IV. 54.) daß die Schneide vor dem Gebrauch in schwacher Hitze angelassen werden müsse. Avicenna, oder er und seine Glossatoren, unterschieden vier Arten von Eisen, das Ferrum delandelum (auch deandelum), welches zwar fest, aber weich, zu schneidenden Werkzeugen unbrauchbar, und nur zu groben Werkzeugen tauglich sey; das alidenum (aldenum) ein grobes, zur Verarbeitung zu Werkzeugen nicht geschicktes, sondern nur zu Rostbalken und Roststäben (andena, andela, arderia) brauchbares Eisen; das aciarium (acerium, aciare) welches den beiden vorigen Arten (durch das sogenannte Verstählen) die Härte mittheile, und endlich das Indische, welches, wie Schneider gezeigt hat, Ferrum indanicum, endanicum, entanicum und andanicum genannt worden ist. Die Bereitung dieses indischen Eisens erzählt Aristoteles (Meteorol. IV. 6) mit sehr wenigen Worten. Das aus dem Erz geschmolzene Eisen, sagt er, ist so flüssig, daß es in einem ganz dünn fließenden Zustande dargestellt wird. Dann wird es aber wieder fest, und das ist die Art und Weise wie man Stomoma macht; die Schlacke zieht

sich zu Boden, wodurch das Eisen gereinigt wird. Wiederholt man dies Verfahren öfter, so wird das Eisen ganz rein, und man erhält Stomoma. Aber man bedient sich dieses Verfahrens nicht häufig, weil das Eisen durch das wiederholte Reinigen viel verliert, und sein Gewicht sehr vermindert wird. Das beste Eisen ist dasjenige, welches die geringste Menge Schlacke (ἀποκάθαρσις) zurück behält.

So unvollständig diese Nachricht auch ist, so erfahren wir doch mit Bestimmtheit daraus, daß Aristoteles von einem doppelten Schmelzprozeß redet, nämlich von der Darstellung des Eisens aus dem Erz in einem flüssigen Zustande, und von der weiteren Verarbeitung des flüssig gewesenen Eisens zu schmiedbarem und nicht mehr flüssigem Eisen. Halten wir diese Nachricht mit den wenigen, durch Plinius uns aufbewahrten Worten zusammen, die uns belehren, daß das Eisen beim Ausschmelzen aus dem Erz wie Wasser fließe, und gleich einem Schwamm zerbrochen werde; so ist kaum mehr zu zweifeln, daß man sich zum Erzschmelzen der niedrigen Schachtöfen bedient habe, in welchem luckiges Flosseneisen erzeugt ward, welches das Material zu dem zweiten Prozeß, zu dem eigentlichen Frischprozeß, hergab. Dieser Prozeß wird uns aber sehr richtig beschrieben, indem sich das Eisen beim Umschmelzen von der Schlacke dadurch scheidet, daß es sich zu nicht mehr schmelzbaren Klumpen zusammenzieht, welche von der flüssigen Schlacke umgeben werden, die sich, eben wegen ihres flüssigen Zustandes, nach unten zieht und sich zu Boden setzt. Wir erfahren aber ferner noch, daß man ein reineres und zugleich ein härteres (ein stahlartiges), und ein weniger gereinigtes und weicheres Eisen darstellte, je nachdem man das Niederschmelzen des Eisens mehr oder weniger wiederholte und daß der Eisenverlust bei dem mehrmaligen Niederschmelzen sehr groß gewesen sey, weshalb man von solchem Eisen nur wenig bereitete.

Eine größere Uebereinstimmung mit unserem jetzigen Frisch-

prozeß können wir kaum erwarten, obgleich es freilich zweifelhaft bleibt, ob man die Reinigungsarbeit, nämlich das Umschmelzen des gewonnenen Eisens, schon in vollkommen eingerichteten Heerden, — welche einen starken Windstrom erfordern, — oder nur in Gruben vorgenommen hat; oder ob dies Umschmelzen vielleicht gar nur in niedrigen Oefen erfolgte, bei denen man sich des natürlichen Luftzuges bedienen konnte. Zu Plinius Zeiten mogte aber der Frischprozeß schon eine größere Vollkommenheit erlangt haben, weil man damals mit der Anwendung der Gebläse schon vollständig bekannt war.

Ueber den Eisenschmelzprozeß der Celtiberier hat uns Diodor einige Nachrichten, wahrscheinlich nach Posidonius aufbewahrt. Die Celtiberier, sagt er (V.), tragen scharfe Schwerdter, die aus dem vorzüglichsten Eisen angefertigt sind; außerdem sind sie auch noch mit Dolchen, von der Länge einer Spanne, bewaffnet. Sie bereiten ihre Waffen und Pfeile auf eine eigenthümliche Art, indem sie die unter dem Hammer zugerichteten Eisenstücke (ἐλάσματα σιδήρου) in der Erde vergraben, und sie darin so lange liegen lassen, bis die schlechteren und weicheren Theile des Eisens durch den Rost verzehrt, und nur die festeren Theile, gleich einem Kern, zurück geblieben sind. Aus diesem bereiten sie dann die vortrefflichen Schwerdter und ihre übrigen Waffen. — Das Eisen ward also, — wahrscheinlich in einer Art von Luppenfeuer, — in einem halbgaaren Zustande ausgebracht, und statt diese Eisenbrocken völlig gaar zu machen, ließ man sie durch die Länge der Zeit, in der Erde vergraben, verrosten, wodurch sich die schlackigen und die nicht schmiedbaren Theile von den schmiedbaren absonderten.

Die Gewinnung und Benutzung der ungeheuren Massen von Eisenglanz auf der Insel Elba, war schon zu Diodor's Zeiten so alt, daß sich der Anfang der dortigen Gewinnungsarbeiten nicht mehr angeben ließ. Die Insel Aithalia, sagt er (V.), hat einen Ueberfluß an Eisenerzen, woraus man Eisen schmelzt

und bearbeitet, denn diese Erze sind sehr reich an Eisen. Die Arbeiter lösen die Felsen ab, bringen die zerkleinten Stücken in sehr künstlich zubereitete Oefen, und brennen (καίουσιν) sie darin. Ist das Erz durch die Gewalt des Feuers erweicht worden, so wird es in kleine Massen zertheilt, welche das äußere Ansehen von großen Schwämmen haben, die sie verkaufen, und nach der Dicearchie und nach anderen Emporien versenden, wo sie ausgeschmolzen und in Formen (πλάσματα) gebracht werden. — Strabo (V. p. 316 edit. Falc.) erzählt, er habe die Werkstätten gesehen, worin das von Aithalia gebrachte Eisen, welches dort nicht geschmiedet werden könne, verarbeitet worden sey. — Diese Nachrichten sind so bestimmt, daß nicht daran gezweifelt werden kann, daß man zur damaligen Zeit auf der Insel Elba die Erze im Feuer zusammen laufen ließ, und die theils verschlackten, theils halbgaaren Massen nach dem Festlande versendete, wo sie auf Stabeisen verarbeitet wurden. Noch jetzt setzt die kleine Insel ihre Erze nach dem Festlande ab, weil sie kein Brennmaterial besitzt, um sie zu verarbeiten. In früherer Zeit theilte man den Prozeß gewissermaßen, indem das Einrennen auf der Insel Elba, und das Frischen auf dem Festlande vorgenommen ward.

Dies sind die sparsamen Nachrichten welche über die Eisendarstellungs-Prozesse der Alten zu uns gekommen sind. Reichen sie gleich nicht zu, uns von den ehemals üblichen Verfahrungsarten eine deutliche Vorstellung zu geben, so ist doch nicht zu bezweifeln, daß man sich schon damals der Oefen und der Heerde bediente, daß man in den Oefen sowohl schmiedbares Eisen (Stückofeneisen) als luckige Flossen erzeugte, und daß man diese dann weiter verarbeitete. Wir sehen also, daß man zu Plinius Zeiten schon vollständig dieselben Methoden ausübte, welche man bis zu Anfange des 16. Jahrhunderts kannte, und daß das Eisenhüttenwesen in einem Zeitraum von 2000 Jahren wohl kaum einige Fortschritte gemacht haben dürfte.

Die Güte des Eisens durch das Gerben, d. h. durch wiederholtes Umbiegen und Zusammenschweißen, zu verbessern, mußte den Alten nothwendig bekannt seyn. Den römischen Kunstausdruck dafür kennen wir nicht; die Griechen nannten es aber διπλόειν, wie aus einer Stelle bei Plutarch (in camillo) hervorgeht, wahrscheinlich hergeleitet von διπλόη, welches eine Falte, oder eine umgelegte Stelle bei weicherem Stahl bedeutet.

Welcher Mittel sich die Alten bedienten, um dem Eisen und Stahl eine Insatzhärtung zu geben, wissen wir nicht. Nur aus einer Stelle bei Plutarch ergiebt sich, daß die griechischen Eisenarbeiter das Eisen in der Schweißhitze mit Marmoron bestreuten, um ihm für Schneiden mehr Härte zu geben. Ob der Marmor nur als Schweißsand dienen, oder ob er dem Eisen auch zugleich eine größere Härte geben sollte, ob also den Alten wirklich keine kräftiger wirkenden Härtemittel bekannt waren, läßt sich nicht bestimmen. — Dagegen wissen wir, daß sie sich beim Härten des Wassers und des Oeles, des letzteren bei feinen Stahlarbeiten, bedienten.

Noch hat uns Pollux ein Gefäß, περίοδος, genannt, welches bei den Alten als ein Maaß gebraucht worden ist, worin die zu verarbeitenden Eisenerze mit den übrigen Zusätzen abgemessen wurden (Onom. VI. 23). Wenn wir gleich nichts Näheres darüber erfahren, so läßt sich doch aus der Bestimmung dieses Gefäßes schon schließen, daß man die Eisenerze beschickte, und nach einem bestimmten Maaße verarbeitete. Pollux nennt uns auch noch σάλαξ, ein Sieb, von welchem die Eisenbrocken abgehoben wurden. Vielleicht diente es zum Verwaschen der gepochten eisenreichen Schlacke, die bei dem Betriebe der Stücköfen erhalten ward.

Die Verfahrungsarten bei der Eisenbereitung, welche man noch jetzt bei mehren Völkerschaften in Asien und Afrika angetroffen hat, können uns einen deutlichen Begriff von den ältesten Schmelzmethoden des Eisens geben, denn ohne Zweifel war

die Metallurgie des Eisens in mehren römischen Provinzen, zu Plinius Zeiten, zu einem höheren Grade der Vollkommenheit gebracht, als die Verfahrungsarten erwarten lassen, deren sich, nach dem Zeugniß der Reisenden, jene Völkerschaften jetzt bedienen.

J. F. L. Hausmanni Commentatio de arte ferri conficiendi Veterum, inprimis Graecorum et Romanorum. Göttingae. 1820.

§. 8.

Die Völker, von denen die Kunst der Eisenbereitung ausgegangen zu seyn scheint, haben wir in dem großen Länderzuge von den südlichen Küsten des schwarzen Meeres, am Nordrande Armeniens, bis zum äußersten Ostrande Persiens zu suchen. Die Chalyber waren die Lehrer der Urbewohner Griechenlands in der Kunst der Eisen- und Stahlbereitung, und wahrscheinlich verbreitete sich diese Kunst auch schon sehr frühe in die weiter östlich gelegenen Länder. Die Mongolen, erzählt die Sage, feiern noch jährlich ein Fest der Befreiung, die sie ihren Schmieden verdanken, welche einen Berg von Eisen, der ihnen den Weg versperrte, durch die Gluth des Feuers zum Schmelzen brachten. Der berühmte Indische Stahl ward, nach Idrisi, in den Stahlgruben von Kabul gewonnen, und heute noch sollen, wie Elphinstone berichtet, die Bewohner der eisenreichen Soliman-Gebirgskette, den Namen Wuzerees führen, obgleich Vorder-Indien uns jetzt den Wootz liefert. Weil alle historischen Nachrichten uns hier verlassen, so wird es auch kaum möglich seyn, den Ursprung und Fortgang der Kunst der Eisen- und Stahlbereitung zu verfolgen; aber wahrscheinlich ist es, daß sich diese Kunst im frühen Alterthum von Armenien durch Persien, besonders durch Kandahar, Kabul und Kaschmir und durch die oberen Indusländer Baktrien und Serica, bis nach Indien zusammenhängend verbreitete. Die Volksstämme, welche sich aus den Ländern zwischen dem schwarzen und dem caspischen Meere nach Westen ausbreiteten, brachten die Kenntniß von der Eisen-

und Stahlbereitung mit, eine Kenntniß, welche den Urbewohnern der Länder, die sie in Besitz nahmen, gänzlich fehlte. Auch dem industriösen Volke, welches einst den Südabfall des Altai bewohnte, war das Eisen unbekannt geblieben, so wie es überhaupt wohl scheint, daß Ostasien erst spät zur Kenntniß und Benutzung des Eisens gelangt ist.

Die durch Reisende erlangten Kenntnisse von der noch jetzt bestehenden Eisen- und Stahlbereitung in Asien und Afrika, verdienen wohl für die Zukunft aufbewahrt zu werden, weil diese Verfahrungsarten, indem sie uns die Kindheit und die ersten Anfänge der Metallurgie des Eisens vor die Augen führen, ganz dazu geeignet sind, uns einen Aufschluß darüber zu geben, auf wie verschiedenen Wegen die, durch Meere und Gebirge getrennten, Völker ihren Zweck erreichten, und weil wir daraus erfahren, daß manche von diesen, den verschiedenen Völkern eigenthümlichen uralten Verfahrungsarten, nicht unvollkommener sind, als die Schwedischen und Russischen Blaseöfen, deren Anwendung sich noch bis jetzt erhalten hat und deren Ursprung sich schwerlich mehr ermitteln läßt.

Da man gewohnt ist, die Wiege des menschlichen Geschlechtes in Asien zu suchen, so kann es weniger befremden, in jenem Welttheil Völker zu finden, die sich, nach der Tradition, in der Eisen- und Stahl-Bereitung und Verarbeitung ausgezeichnet haben sollen. Aber merkwürdig ist es, daß man auch in Afrika noch kein Volk angetroffen hat, dem das Eisen nicht schon bekannt gewesen wäre. Es scheint sogar, daß man es in der Kunst der Bearbeitung des Eisens, in diesem Welttheil, besonders recht in der Mitte desselben — in Bornu, — sehr weit gebracht hat. Wie ehemals in Lacädemon, so wird auch jetzt noch in dem gesammten Aethiopischen Hochlande das Eisen als Münze angewendet. Das erste Metallgeld, welches Denham im Negernlande, zu Loggun, erblickte, bestand aus Platten von sehr dünnem Eisen, welche fast die Gestalt eines Hufeisens ha-

ben, und die, nach Maaßgabe ihres Gewichtes, zu Paketen von 10 bis 12 Stück vereinigt werden. Ueberall an den Küsten von Afrika, und so weit man in das Innere des Landes eingedrungen ist, hat man Eisenarbeiten, die zum Theil eine große Kunstfertigkeit voraussetzen, angetroffen. De Barros bemerkt von den Bewohnern Monomotapas, daß sie sehr scharf schneidende Aexte aus Eisen anfertigen, und südlich von Manica, an der Ostküste von Afrika, hat man mehre Kunstarbeiten aus Eisen vorgefunden. Die Kaffern der Dala Goahay bedienten sich der eisernen Pfeifen zum Tabackrauchen, und nirgends hat man in Afrika andere als eiserne Waffen gesehen. Aber vor allem fand Oudney in Bornu einen Ueberfluß an Gold- und Eisenwaaren, mit einem nicht geahneten Kunstfleiß bearbeitet. — Ganz anders als in den von den Europäern früher noch nicht besuchten Ländern von Asien und Afrika, stand es mit der Kenntniß des Eisens bei den Amerikanern, als dieser Welttheil entdeckt ward. Es zeigte sich dort keine Spur von einer Kenntniß des Eisens bei den Eingebornen, und die ganze Eisenbereitung, welche jetzt in Amerika statt findet, ist nur ein von den Europäern dorthin verpflanztes Gewerbe. — Eben so wenig hat man auf irgend einer Insel in der Südsee, bei der Entdeckung derselben durch die Europäer, die geringste Spur von der Kenntniß des Eisens bei den Eingebornen gefunden.

Gmelin beschreibt, in seiner Reise durch Sibirien I. 282, den Schmelzprozeß der an den Flüssen Kondoma und Mrasa wohnenden Tartaren in folgender Art. Der Schmelzofen steht an dem Orte wo man sonst kocht, und besteht aus einer in der Erde gemachten Höhlung von etwa einem halben Fuß im Durchmesser, mit einem darauf passenden und oben spitz zugehenden Deckel von Lehm. Vorne ist ein Loch, welches während des Schmelzens zugemauert ist, und an der Seite ein anderes, gegen welches zwei Blasebälge gerichtet sind. Zwei Tartaren verrichten die ganze Arbeit. Der eine trägt Kohlen und Erz wech-

felsweise ein; das Erz ist klein gestoßen und von dem Erz wird auf jede Lage Kohlen nicht mehr als eine Messerspitze voll gelegt. Der andere bläset beständig mit den zwei Blasebälgen. Sobald sich die Kohlen etwas gesetzt haben, werden wieder Kohlen und Erz nachgetragen, und damit wird so lange fortgefahren, bis etwa 3 Pfund Erz eingetragen sind. Mehr können sie auf einmal nicht schmelzen. Dagegen nimmt der Schmelzer, nachdem noch eine kurze Zeit mit den Blasebälgen geblasen worden ist, den unten eingemauerten Stein mit der Zange heraus, sucht den Eisenklumpen in der ausgehöhlten Erde unter den Kohlen hervor, und reinigt ihn von den anhängenden Kohlen und Schlacken mit einem Holze. Gmelin bemerkt, daß das Eisen sehr unrein aussehe, aber doch von recht guter Beschaffenheit zu seyn scheine.

Ein, mit diesem sehr übereinstimmendes Verfahren, wenden die Neger in den Savanen des nördlichen Kordofan an, um aus den dort vorkommenden Raaseneisensteinen Eisen zu bereiten. Hr. Russegger beschreibt den Schmelzprozeß in folgender Art. Die gewonnenen Eisensteine werden sorgfältig geschieden und nur die reinsten, folglich die reichsten, einer weiteren Behandlung unterworfen. Die zur Verschmelzung bestimmten Stücke zerschlägt man zur Bohnengröße, und so werden sie bloß für sich, ohne allen Zuschlag, in Arbeit genommen. Um zu schmelzen, machen die Araber im Sande ganz kleine Gruben, welche die Form eines mit der Spitze in die Erde gekehrten Kegels haben. Der obere Durchmesser einer solchen Erdgrube beträgt etwa 12 Zoll und auch ihre Tiefe bis zur untersten Spitze ist nicht beträchtlicher. Die Düse des Blasebalges wird etwa unter einem Winkel von 40 Graden in die Grube eingesetzt, und die Grube sodann mit dem zerkleinerten Erz, welches man mit Holzkohlen mengt, gefüllt, und das Ganze mit Kohlen bedeckt. Dieser kleine Haufen wird nun angezündet. Ein Mann setzt den Blasebalg in Bewegung und das Schmelzen beginnt.

Nach einer Stunde fängt die Masse an, sich zu setzen und zusammenzusintern, und in dem Verhältniß als dies geschieht, trägt man neue Erze und Kohlen nach. Etwa nach 10 Stunden ist der größte Theil des leichtflüssigen Raaseneisensteins geschmolzen und die Grube mit geschmolzener Masse angefüllt. Man nimmt daher Blasebalg und Düse weg, räumt das Feuer ab und läßt die Masse auskühlen. Das Resultat der ersten Schmelzung sind ungeflossene, zusammengesinterte Erze, welche man zur neuen Verschmelzung bei Seite legt, und Schlacken. Die letzteren sind von zweierlei Art. Die obere Schlacke ist schwarz, schwer, von dichtem Bruch und sehr eisenhaltig; sie wird als unbrauchbar weggeworfen. Die untere ist schwarz, blasig, stellenweise glasig und mit reducirtem Eisen, mitunter in großen Stücken, gemengt. Diese kommt zur zweiten Schmelzung. Die zweite Schmelzung, oder die Verschmelzung der Schlacken, wird in denselben Gruben, mit demselben Gebläse und unter denselben Umständen vorgenommen, dauert aber, wegen der Beschaffenheit des zu verschmelzenden Materials, nur ein paar Stunden. Als Resultat erhält man wieder eine dichte, eisenhaltige Schlacke, welche man wegwirft, und eine solche die mit reducirtem Eisen sichtbar gemengt ist, welche dem nächsten Verschmelzen wieder zugetheilt wird, und dann einen graupigen, von Schlacken mehr oder weniger durchdrungenen Eisenkönig giebt. Letzterer ist also das Resultat des ganzen Prozesses. Er wird zerschlagen, die Schlacke ordentlich ausgehalten und das Eisen, ohne weitere Behandlung, als gaares Eisen den Schmieden verkauft. Selten gelingt es den Negern, einen ganz zusammenhängenden, schlackenfreien, reinen Eisenkönig zu erhalten, und nur unter den günstigsten Verhältnissen ist ihnen dies möglich. Hr. Russegger kaufte einen solchen, der etwa 15 Pfund wog und aus sehr gutem, weichem Eisen bestand. Die Blasebälge deren man sich bei dieser Manipulation bedient, sind dem Verfahren entsprechend. Theils sind es nur lederne Schläuche, die

ein Mann ausdehnt und wieder zusammendrückt; theils haben sie eine ganz eigene Form. Es sind nämlich Retorten-ähnliche Körper von Thon, mit einem zwei Fuß langen Hals der als Düse dient und in die Grube gesteckt wird. Der hohle Retortenkörper hat etwa 12 Zoll im Durchmesser, ist aber oben offen und bekommt dadurch das Ansehen einer ausgetieften Schaale. Ueber diese Oeffnung wird eine Haut gespannt, die ganz oben mit einem Loch von etwa 2 Zoll im Durchmesser versehen ist. Wenn geblasen werden soll, so greift der Mann mit zwei Fingern in jedes Loch und hält so die den Deckel der Schaale bildende Haut fest, indem er sie nach oben zieht. Dann drückt er sie wieder bis an den Boden der Schaale und preßt dadurch die darin enthaltene Luft durch die Düse. Zieht er sie dann wieder nach oben, so tritt durch das Loch sogleich wieder Luft hinein. Der Mechanismus ist folglich eben so einfach als unvollkommen. Die Kohlen zur Reduction und Schmelzung der Erze werden aus Akazien gebrannt. Man brennt sie in den Wäldern der Akaba auf eine ganz einfache Weise, indem man einen kleinen, nur 2 bis 3 Fuß hohen Haufen Holz anzündet und ihn mit Sand bedeckt, um das Feuer in Schranken zu halten. An Ort und Stelle verkaufen die Neger den Schmieden das Eisen zu 8 bis 9 Kreuzer Conv. M. das Pfund, welcher hohe Preis sich durch die mühsame Manipulation und geringe Erzeugung leicht erklärt. Beim Rohschmelzen sowohl, als beim Schlackenschmelzen, sind drei Mann beschäftigt; zwei welche abwechselnd blasen, und einer der die Erze und Kohlen aufgießt und die Schmelzung leitet. Ueber jede dieser Schmelzgruben bauen die Schwarzen ein kleines Dach von Rohr und das Etablissement ist fertig. Im günstigsten Fall erzeugen sie durch ein Roh- und ein Schlackenschmelzen 15 bis 20 Pfund gaares Eisen, welches, obwohl aus Erzen erblasen, die meist kaltbrüchiges Eisen geben, doch von einer ganz vorzüglichen Beschaffenheit ist und sich durch Weichheit und Biegsamkeit auszeichnet.

Die Schmieden, worin die Schwarzen das durch ihren Schmelzprozeß erhaltene Eisen weiter, meist nur zu langen Spitzen und zu Feldbaugeräthen verarbeiten, stehen nicht minder auf einer niedrigen Stufe. Jede Schmiede hat eine Grube, ganz von der Beschaffenheit der Schmelzgruben, in welcher das Eisen erhitzt wird. Zuweilen bedienen sie sich eines doppelten Gebläses, nämlich zweier alter lederner Schläuche. Die Düsen sind unter Winkeln von 25—30 Grad eingelegt. Vom Härten des Eisens, von der Umwandlung desselben in Stahl, haben sie keinen Begriff, weshalb sie sich auch nicht damit befassen. Als Amboß dient ihnen ein großes Stück Gaareisen und zum Hammer bedienen sie sich einer eisernen Keule. Der Gehalt der Erze an Eisen ist, ihrer Reinheit wegen, sehr groß und beträgt 60—70 Procent. Den Aussagen der Schwarzen zufolge, bringen sie durch ihre Schmelzungen einen Eisengehalt von 20 Procent wenigstens, und von 40 Procent höchstens aus, ein Beweis daß sie die ärmeren Erze, die aber immer noch einen guten Gehalt haben, nicht verarbeiten können und bei den reicheren sehr viel verlieren. Obwohl der Raaseneisenstein sehr leicht schmelzbar ist, so gelingt es ihnen doch nicht, die Erze in einen flüssigen Zustand zu versetzen, und man erhält bei solchen Schmelzungen niemals Roheisen, sondern unmittelbar Schmiedeeisen, wobei der ganze Phosphorsäuregehalt des Erzes in die Schlacke zu gehen scheint.

Aber durch die Reisenden sind uns auch Nachrichten über die Eisenschmelzprozesse in Sibirien, Ostindien, Westafrika und Kleinasien zugekommen, wie sie noch jetzt ausgeführt werden und welche größere Fortschritte in der Eisenbereitung zeigen, als die so eben angeführten Beispiele. Diese Schmelzarbeiten kommen mit unserer noch jetzt in Deutschland hier und dort bestehenden Stückofenschmelzerei überein, nur daß sie in einem geringeren Grade ausgebildet sind. Diese Prozesse führen aber augenscheinlich auf den Zustand der Eisenbereitung zurück, wie er früher

auch in Deutschland statt gefunden und sich im Laufe der Jahrhunderte verändert und zuletzt so vervollkommnet hat, daß man darin die ersten Anfänge kaum noch zu erkennen vermag.

Den Schmelzprozeß in Daurien beschreibt Pallas (Reisen III. 151). Der Ofen besteht aus einem, etwa 2 Arschinen hohen, und eben so dicken, viereckigen Gemäuer, dessen cylindrischer, etwa ½ Arschine weiter Schacht, sich unten im Neste (wie man es nennt) auf drei Spannen erweitert, wo vorne eine eben so weite Oeffnung am Grunde gelassen ist. Zuerst wird das Nest mit einem Gemenge von Kohlenstaub und Erde ausgeschlagen. Auf diese Grundlage legt man eine irdene Röhre, 1½ Werschock weit, die bis in die Mitte des Nestes reichen muß, und welche, um sie vor der Glut zu schützen, mit der Hälfte von einer alten Röhre bedeckt wird. Dann schüttet man einige glühende Kohlen in den Ofen, und versetzt die Oeffnung mit Steinen, verklebt die Fugen mit Lehm, füllt den Ofen mit Kohlen voll, setzt die Balgen an die Röhre, und fängt die Operation an. Sobald sich das Feuer oben über den Kohlen zeigt, trägt man etwa 10 Pfund gepochtes Erz auf, und fährt wechselsweise mit Eintragen von Kohlen und Erz fort, so wie die Schichten niedersinken. Während des Schmelzens gehen die Balgen beständig. Der Arbeiter welcher die Balgen bewegt, muß auch die Röhre von den sich vorsetzenden Schlacken mit einem Spieße oft reinigen, und die Oeffnungen, die sich etwa bilden, und aus welchen die Flamme herausschlägt, wieder mit Lehm verstopfen. Wenn die letzten Kohlen niedergebrannt sind, so werden die Steine vor dem Heerde weggenommen, die übrigen Brände weggeräumt, die Schlacke abgelassen, der Eisenklumpen noch glühend mit Zangen herausgenommen, sogleich mit einem hölzernen Schlägel beklopft, wobei sich eine Art von Roheisen absondert, und die in dem Klumpen noch vorhandene Schlacke tropfenweise ausschwitzt. Der noch rothglühende Klumpen wird auf dem Amboß mit Beilen mitten von einander gehauen, und

ist so zum Verarbeiten fertig. Die oberste Lage ist stahlhart, aber als Stahl nicht von sonderlicher Güte. Das Eisen hingegen ist weich und von guter Art.

Aber auch über die Kunstfertigkeit der Sibiriaken in Eisenarbeiten, theilt Gmelin (407) von den Bewohnern der Gegenden an der Angara folgendes mit. Sie wissen das Eisen so schön mit Silber, Zinn und Gold auszulegen, daß es wie damascirte Arbeit aussieht. Die mehrsten Pferdegeschirre, Waffengehänge, Leibgürtel u. s. f. sind von dieser Arbeit. Auch Löffel macht man auf solche Art aus Eisen, welches über und über mit Zinn belegt ist. Die übrigen Sachen sind aber nur hin und wieder, und bloß der Verzierung wegen, ausgelegt. Man schmiedet zuerst ein Stück Eisen in der Gestalt aus, welche es haben soll, glüht es dann noch einmal und läßt es langsam erkalten. Nun macht man mit einem scharfen Meißel Einschnitte, ganz dicht neben einander, und wiederholt dies Behauen dreimal, so daß die Einschnitte jedesmal eine andere Richtung bekommen, sich folglich durchschneiden. Daß die Einschnitte ganz gleichförmig und dicht neben einander gemacht werden, ist die Hauptsache. Nach beendigter Behauung (welche, wie Georgi, I. 308, bemerkt, auch mit einem Rauhhammer verrichtet wird, dessen Bahn einer Feile gleicht, womit man das glatte Eisenblech an den Stellen rauh macht, welche man belegen will), wird zum Belegen des Eisens geschritten. Zum Belegen bedient man sich des sehr dünn geschlagenen Silbers, und, nach Maaßgabe der hervorzubringenden Zeichnungen, des Silberdraths, den man durch Zerschneiden des geschlagenen Silbers erhält, weshalb man auch Silberbleche von verschiedener Stärke vorräthig hat, um dickere oder dünnere Dräthe zu den Zeichnungen abzuschneiden. Die Bleche oder Dräthe schneidet man vorher nach der Zeichnung aus, die man hervorbringen will, oder kneipt die Dräthe auch wohl ab, wenn man die Züge auf dem rauh gemachten Eisen vollendet hat, und schlägt sie dann mit einem

glatten Hammer möglichst fest ein. Der Hammer hat zwei breite Bahnen, von denen die eine ganz glatt, die andere aber eingehauen und rauh ist. Keine von diesen Bahnen gebrauchen sie, wenn sie das Eisen behauen, sondern sie schlagen mit der Mitte des Hammers auf den Meißel, indem sie sich zu der ganzen Arbeit nur eines einzigen Hammers bedienen. Wenn sie das Silber einschlagen, so nehmen sie dazu die rauhe, zum Poliren aber demnächst die glatte Bahn. Sie schlagen auch das Silber selbst, und schmelzen es in eisernen Gefäßen, weil sie von irdenen Tiegeln nichts wissen.

Buchanan beschreibt das Verfahren bei der Eisen- und Stahlbereitung in der Gegend von Magadi oder Maghery, westlich von Bangalore in Mysore. Das Erz wird in den Regenmonaten in den Flußbächen gesammelt, und durch Waschen von der noch anhängenden Erde befreit. Der Schmelzofen (Taf. I. Fig. 1) besteht aus einer halbcylindrischen Grube, welche, das Gestell und den unteren Theil des Ofenschachtes bildend, 1 Fuß im Durchmesser weit und 20 Zoll hoch ist. Der Boden dieser Grube, welche von vorne und von beiden Seiten in einer Lehmmauer eingegraben ist, liegt mit dem Fußboden der Hütte in einer Sohle. Die hintere Seite, wo der Wind hineingeführt wird, ist nicht in der Lehmmauer eingegraben, sondern sie wird durch gebrannte Ziegelsteine geschlossen, in welchen jedoch eine Oeffnung für die Form gelassen wird. Diese Oeffnung wird mit Thon zugesetzt, wenn die Form vorher durchgesteckt ist. Auch die Form besteht aus gebranntem Thon, sie liegt etwa 12 Zoll über dem Boden der Grube, ragt aber gegen 8 Zoll in den Ofen, oder in die Grube hinein, und hat dabei ein so starkes Stechen, daß die Mündung nur 6 Zoll vom Boden entfernt bleibt. Auf diese, so zusammengesetzte, 20 Zoll hohe, cylindrische und oben offene Grube, wird ein kleiner, etwa 24 Zoll hoher Schacht aus gebranntem Thon aufgeführt, welcher sich unten an der Grube anschließt, und sich nach oben kegelförmig

zuspitzt, jedoch kurz vor der Gichtöffnung sich wieder erweitert, so daß der Schacht zwei mit ihren schmalen Durchschnittsflächen verbundene abgekürzte Kegel bildet, von denen aber der obere nur sehr niedrig ist, und etwa 6 Zoll senkrechte Höhe hat. Der ganze Ofen, vom Boden bis zur oberen Oeffnung des Schachtes (bis zur Gicht) hat also eine Höhe von etwa 4 Fuß, und der Schacht, da wo er am schmalsten ist, nämlich 6 Zoll unter der Gichtöffnung, einen Durchmesser von 6 Zoll, von wo er sich immer mehr erweitert, bis er sich an der oberen Mündung der cylindrischen Grube, mit einem Durchmesser von 12 Zoll anschließt. Das Gebläse besteht aus 2 ledernen Balgen, von denen ein jeder aus einer ganzen Büffelhaut zusammengesetzt ist, welche dem Thiere abgezogen werden muß, ohne sie der Länge nach aufzuschneiden. Wo sie am Nacken des Büffels abgeschnitten ist, wird sie etwas aufgebogen, wodurch eine Oeffnung entsteht, welche mit einer hölzernen Düse verbunden wird. Die Balgen liegen auf einer gegen die Formwand des Ofens geneigten Ebene, welche ebenfalls aus Lehm aufgeführt ist. Die Düse erhält dadurch, daß sie in ein fest liegendes Holz eingeklemmt wird, eine feste und unverrückbare Lage, und beide Düsen werden in die aus gebranntem Thon bestehende Form gesteckt, welche, weil sie weit in den Schmelzraum hineinragt, eine etwa 12 Zoll lange Röhre bildet. Jeder von den beiden Balgen wird durch einen Arbeiter in Bewegung gesetzt. Ein neu aufgeführter Ofen muß, vor dem Gebrauch, durch Holzkohlenfeuer etwa eine Stunde abgewärmt werden, um die Thonmassen, woraus er zusammengesetzt ist, zu trocknen. Die Risse und Ritzen welche beim Abwärmen entstehen, werden sorgfältig mit Thon verschmiert. Beim Verschmelzen werden drei gleiche Maaße Erz zu jedem Schmelzen abgemessen. Ein Maaß wiegt etwa 25 Pfund 11 Unzen. Ebenso werden auch drei Maaß Holzkohlen, jedes etwa zu 1 Bushel bei Seite gesetzt. Zwei von diesen Holzkohlenmaaßen werden durch die Gichtöffnung in den Ofen-

schacht gestürzt, und alsdann 1 Maaß, oder der dritte Theil des Erzes darauf gegeben. Sobald das durch die Balgen angefachte Feuer durchgebrannt ist, wird von dem dritten Holzkohlenmaaß die Hälfte, und von dem Erz das zweite Drittel aufgegeben. Ist das Feuer auch dann wieder durchgekommen, so bringt man den Rest von den Kohlen und von dem Erz in den Ofen, und fährt mit dem Blasen fort, bis alles niedergebrannt ist, welches in 6½ Stunden, vom ersten Anfange der Arbeit an, der Fall zu seyn pflegt. Nun reißt man die Vorwand des Ofens in der Lehmmauer auf, bricht die auf dem Boden befindliche Eisenmasse aus, faßt sie mit einer Zange, und zerhaut sie in 2 Stücke. Jedes Stück wiegt etwa 1 Maund, oder etwas mehr als 12 Pfund 2 Unzen. Hieraus würde man schließen können, daß das Erz zu 31½ Procent ausgebracht wird. Dies Eisen läßt sich zwar zuerst unter dem Hammer etwas bearbeiten, ist aber außerordentlich unrein. Niemals ist die Schmelzung so vollständig, daß das Eisen flüssig wird, und in Formen gegossen werden kann. Um das so erhaltene Eisen zu reinigen, and zum Gebrauch anwendbar zu machen, wird es in eine zweite Hütte gebracht und wiederholt geschmiedet. Das Schmiedefeuer hat ebenfalls zwei Balgen, welche aber etwas kleiner sind, als die vor dem Schmelzofen. Auch hier liegen die hölzernen Düsen in einer Form aus gebranntem Thon. Das Schmiedefeuer ist 12 Zoll lang, 10 Zoll hoch und 10 Zoll breit, und wird aus Massen von Thon zusammengesetzt. Das Feuer ist oben ebenfalls mit einer Thonplatte bedeckt, in welcher sich nur eine längliche Oeffnung befindet, welche so groß ist, daß sie eins von den beiden Stücken aufnehmen kann. Der Feuerraum ist auf solche Art ganz geschlossen, mit Ausnahme der eben erwähnten Oeffnung in der Deckelplatte, und der Vorwand, welche ganz offen bleibt. Außerdem befindet sich noch auf der Rück- (Aschen-) Seite eine Oeffnung, welche dazu dient, die Asche und die Schlacken auszukratzen. Die Arbeit fängt damit an, daß man eins

von den Eisenstücken aus dem Schmelzofen mitten ins Schmiedefeuer legt, dieses mit Holzkohlen aus Bambus anfüllt, und eine starke Hitze giebt. Das zweite Stück liegt während dieser Arbeit über der Oeffnung in der Deckelplatte, um sich anzuwärmen. Hat das erste Stück eine vollkommene Hitze erlangt, so wird es auf einen Amboß gebracht, und erhält durch drei Arbeiter, die mit schweren Hämmern versehen sind, einige starke Schläge, um es zusammen zu wirken, und die geschmolzenen Theile, so wie die anhängende Schlacke abzustoßen. Dann wird das Stück durch eine Art von Beil in drei Kolben getheilt, worin die Arbeiter eine große Fertigkeit besitzen. Das zweite Stück wird alsdann mitten ins Feuer gebracht, und dagegen wieder ein drittes über die Oeffnung in der Deckelplatte gelegt. Während diese angeheizt werden, sind auch die drei Kolben wieder rothglühend gemacht, und durch die drei Arbeiter mit ihren schweren Hämmern stark zusammengearbeitet worden. In diesem Zustande wiegen alle Kolben, welche von einem Schmelzen erfolgen, 24 Seers, oder etwas mehr als 14½ Pfund. So verkaufte man das Eisen an die Schwarzschmiede, welche es aber noch 3 bis 4 mal ins Feuer bringen und überschmieden müssen, ehe sie es verarbeiten können. Das Gewicht von allen Kolben vermindert sich dann bis auf 15 Seers, oder bis auf etwas mehr als 9 Pfund. Es scheint also, daß die Erze nicht höher als zu 12 Procent an gutem und brauchbarem Stabeisen ausgebracht werden.

Dieselben Arbeiter machen auch Stahl. Man macht ein Gemenge aus gleichen Theilen gutem Thon und Kohlen aus Reißhülsen. Dies Gemenge wird mit Wasser angefeuchtet, und aufs sorgfältigste durchgearbeitet, indem man es von Ochsen durchtreten läßt. Das wieder getrocknete Gemenge wird zerrieben und zu kleinen Tiegeln oder Kapellen geformt, welche zuerst im Schatten und dann an der Sonne getrocknet werden. Nun bereitet man einen Feuerplatz zu, in der Gestalt eines Parallelo-

gramms, indem man zwei, 12 Zoll lange und 2½ Zoll hohe Steine parallel neben einander aufstellt, und sie an beiden Seiten durch eine Mauer von Thon mit einander verbindet, so daß man einen geschlossenen Raum erhält, dessen zwei Seitenflächen durch Steine, und die beiden andern durch eine Thonmauer begrenzt werden. Die beiden Thonmauern werden viel höher als die Steine in die Höhe geführt. Die vier Mauern zusammen bilden den eigentlichen Feuerungsraum. Durch die eine von den beiden Thonmauern wird die Form gelegt, worin die Düsen der beiden Balgen liegen. Die Besetzung für jeden von den kleinen Tiegeln oder Kapellen, besteht aus 1 bis 1½ Seer (9, 7 bis 14 Unzen) zerstücktem Eisen und aus fünf kleinen Stücken Tangayree-Holz (Cassia auriculata). Von den so besetzten Tigelchen werden drei Reihen übereinander in dem Feuerungsraum aufgestellt, mit Ausnahme eines Raumes vor der Form, welcher leer bleiben muß, um den Windstrom nicht zu hemmen. Die Tiegel werden mit zwei Bushels Holzkohlen beschüttet, und wenn diese niedergebrannt sind, wird noch ein drittes Bushel nachgetragen. Der ganze Brand dauert etwa 6 Stunden. Die geschmolzenen Könige werden aus den Tiegeln genommen und zu kleinen Quadratstäben ausgezogen. Die Hitze beim Ausrecken wird ihnen mit Kohlen aus Sujalu-Holz (Mimosa tuggula) gegeben. — Zu Madhu-giri ist das Verfahren bei der Stahlbereitung in sofern abweichend, als man die Tiegelchen nicht unmittelbar auf den Boden, und in drei Reihen über einander, sondern (Taf. I. Fig. 2) über eine mit Holzkohlen angefüllte Feuergrube stellt, zu welcher der horizontale Aschenfall führt, in welche Grube der Wind aus den Balgen, durch die mit ihnen in Verbindung stehende thönerne Form, geleitet wird. Die Tiegelchen stehen über der Mündung der Feuergrube, werden aber nicht durch Unterlagen unterstützt, oder auf einen Rost gestellt, sondern schweben ganz frei über der Oeffnung der Grube, indem sie in concentrischen Reihen sich selbst die erforderliche Hal-

tung durch ein künstliches Gewölbe, welches sie unter sich bilden, verschaffen müssen. Zu jedem Schmelzen werden 15 solcher Tiegelchen eingebaut, von denen aber nur 14 mit der Stahlbeschickung versehen sind und der 15te leer bleibt, um weggenommen und wieder hineingesteckt werden zu können, wenn ein Nachfüllen von Kohlen in dem Feuerraum statt finden muß. Die kleinen Tiegel haben eine konische Form; sie werden aus ungebranntem Thon gemacht, und ein jeder mit etwa ⅞ Pfund Eisen, mit 530 Grains Tayngada-Holz (Cassia auriculata) und mit zwei grünen Blättern von Huginay (wahrscheinlich Convolvulus oder Ipomea) besetzt. Verschlossen werden die Tiegel mit einem Deckel aus ungebranntem Thon, in der Gestalt einer flach gedrückten Halbkugel, so daß der Durchmesser des Deckels mit dem des Tiegelrandes übereinstimmt, die Fuge zwischen beiden Rändern aber gut verklebt wird. Die besetzten Tiegel werden zuerst nahe am Feuer stark abgetrocknet und sind dann zum Einstellen über die Feuergrube fertig. Zu dem leeren Tiegel wählt man denjenigen aus, welcher in der äußersten Reihe und der Form gerade gegenüber zu stehen kommt. Das ganze Tiegelgewölbe wird mit Kohlen bedeckt und man läßt die Balgen 4 Stunden lang in die Feuergrube blasen. Dann ist der ganze Prozeß beendigt und man schreitet nun sogleich zum zweiten Schmelzen. Die Arbeit geht Tag und Nacht ununterbrochen fort. Täglich werden 5 Stahlschmelzen, jedes zu 14 Tiegeln, gemacht. Beim Oeffnen der Tiegel muß der Stahl zu einem Regulus geschmolzen seyn, auf dessen Oberfläche sich die Neigung zu krystallinischen Bildungen deutlich bemerken läßt, denn dies ist ein Zeichen der statt gefundenen vollkommenen Schmelzung. Die kleinen Stahlkuchen sind von einer glasartigen Masse umgeben, welche von den Unreinigkeiten des Eisens, und wahrscheinlich auch von der Asche der zugesetzten Kohlen herrührt. In einigen Tiegeln ist die Schmelzung nicht vollständig erfolgt;

dann ist der Stahl von weit geringerer Güte und nur wenig von gewöhnlichem Eisen verschieden.

Im Distrikt von Bellaer, in der Provinz Malabar, ist das Verfahren beim Eisenschmelzen etwas anders als in Mysore. Man wendet nicht runde, sondern länglicht viereckige Ofenschächte an. Auf Taf. I. Fig. 3. 4. 5. ist die ganze Vorrichtung im Grundriß, im senkrechten Durchschnitt von einem Ofen und in der vorderen Ansicht zweier Oefen zu sehen. Es befinden sich immer 2 oder 3 Oefen neben einander, welche in und an einer und derselben Thonmauer und unter einer gemeinschaftlichen Bedachung stehen. Man führt nämlich auch hier eine senkrechte, etwa 5 Fuß 4 Zoll hohe und 7 Fuß breite und dicke Mauer aus Thon in die Höhe, deren Länge sich nach der Anzahl der Oefen richtet, welche in und an dieser Mauer liegen sollen. Für jeden Ofen wird aus der vorderen Wand der Mauer, von oben nach unten, ein 2 Fuß 11 Zoll breiter, und 2 Fuß tief in die Mauer hineinragender Schacht ausgeschnitten, so daß der ganze Schacht mit seiner Rückwand und mit beiden Seitenwänden in der Mauer liegt. Die vordere, offen gebliebene Seite, welche die Vorwand des Ofens bildet, wird dann durch eine besonders aufzuführende Lehmmauer geschlossen. Diese Mauer ist etwa 10 Zoll stark, so daß für den eigentlichen Ofenschacht ein 2 Fuß 11 Zoll breiter oder langer, 14 Zoll tiefer und 5 Fuß 4 Zoll hoher Raum übrig bleibt. Die Vorwand erhält eine Art von Verankerung durch 2 Bamboostäbe, welche an der vorderen Fläche der Lehmmauer, da wo sich an derselben die Vorwand des Ofens anschließt, senkrecht aufgestellt und durch zwei Queranker von Bamboo mit einander verbunden werden. Diese beiden Queranker sind in dem oberen Drittel der Höhe der Vorwand angebracht. Weil die ganze Lehmwand, in welcher die Ofenschächte ausgeschnitten sind, 7 Fuß dick ist, und weil für die Schächte nur eine Tiefe von 2 Fuß herausgenommen wird, so bleibt die Lehmwand, welche die Rückwand der

Oefen bildet, noch 5 Fuß stark. In dieser Lehmmasse wird für jeden Ofen ein Gewölbe dergestalt ausgeschnitten, daß dasselbe auf der hinteren Fläche der Lehmwand 4 Fuß Weite und Höhe erhält, und sich halbkegelförmig bis zur Rückwand des Ofens verjüngt, nämlich so, daß die untere Fläche dieses Gewölbes nur ein geringes Ansteigen erhält, und daß eine Art von Kegelgewölbe gebildet wird, dessen in der Mitte der Rückwand des Ofens ausmündende Oeffnung etwa 6 Zoll hoch und breit ist. Dies Gewölbe ist zum Herausnehmen der Schlacke bestimmt, und die erwähnte 6 zöllige Oeffnung, welche das Gewölbe mit dem Schacht des Ofens verbindet, ist das Schlackenloch, welches mit der Sohle des Ofenschachtes in einer Höhe liegt und während des Ganges der Arbeit zugestopft erhalten wird. Die Ofensohle selbst besteht aus einer 12 Zoll hohen Sandschicht, welche von der Vorwand bis zur Rückwand, oder bis zur Schlackenöffnung, ein kleines Abfallen erhält, also keine ganz söhlige Ebene bildet. Zwei lederne Säcke, welche die Stelle der Blasebalgen vertreten, liegen an der Vorwand des Ofens, und zwar zunächst den beiden Seitenwänden des Schachtes, indem die aus gebranntem Thon bestehenden beiden Röhren, welche als Formen dienen, an beiden Seiten durch die Vorwand des Ofens gelegt sind. Der Zwischenraum in der Vorwand zwischen diesen beiden Formen wird mit einer Reihe von gebrannten Thonröhren ausgefüllt, welche mit den beiden Formröhren in einer und derselben horizontalen Linie liegen, und eben so wie die Formröhren selbst, durch die Vorwand durchgesteckt werden. Diese Röhren werden mit Stöpseln versehen, welche sich herausnehmen und wieder hineinstecken lassen. Sie haben keinen andern Zweck, als den Gang des Ofens durch sie zu beobachten. In den Zeichnungen ist a der Ofen; b die Lehmwand, in welcher die Ofenschächte eingeschnitten sind, und c die Plätze für die Balgen. Die unbewegliche Vorwand; die bewegliche Vorwand; der Heerd oder die Sohle von Sand; die Form und Formöffnungen, und

die Röhren, welche durch die Vorwand des Ofens gesteckt werden; die Balgen; die Oeffnung zum Ablassen der Schlacke und das in der Lehmwand ausgeschnittene Gewölbe, gehen aus den Zeichnungen selbst hervor. Wenn die Schmelzarbeit beginnen soll, bringt man reinen, angefeuchteten Sand, welcher mit Holzkohlenpulver gemengt ist, durch die noch offene Vorwand in den Ofen, und macht aus diesem Gemenge die Ofensohle, deren Höhe sich nach der Höhe des Schlackenloches in der Rückwand richtet. Die Sohle erhält nicht allein nach der Rückwand, oder nach dem Schlackenloch, sondern auch von den beiden Seiten bis nach der Mitte des Heerdes hin, ein geringes Abfallen, so daß sich eine schwach ausgemuldete und nach hinten geneigte Fläche bildet. Nun wird das Schlackenloch mit Thon verstopft, und dann werden zuerst die beiden Thonröhren an jeder Ecke des Ofens, welche zu der Aufnahme der Balgdüsen, also zu den Formen bestimmt sind, dergestalt auf die Heerdsohle gelegt, daß sie quer durch die demnächst aufzuführende bewegliche Vorwand zu liegen kommen. Diese Thonröhren haben eine Länge von 20 Zoll, und da die Vorwand etwa 10 Zoll stark ist, so reichen sie ungefähr 9 Zoll in der Ofenschacht hinein und ragen nur 1 Zoll vor der äußeren Fläche der Vorwand nach außen hervor. Sobald die zu den beiden Formen bestimmten Thonröhren ihre Lage erhalten haben, werden auch die anderen Thonröhren zwischen jenen beiden ersteren, in derselben Art, in einer Reihe neben einander gelegt. Die Zahl dieser Thonröhren ist unbestimmt, gewöhnlich nimmt man 8—10, welche ebenfalls etwa 9 Zoll in den Ofenschacht hineinragen. Alsdann wird die Vorwand des Ofens aus feuchtem Thon in die Höhe geführt, also die Brust des Ofens geschlossen, und die sämmtlichen Thonröhren, mit Ausnahme der beiden zu den Formen bestimmten, werden von außen mit Stöpseln versehen. Zuerst werden 10 Gemäße Holzkohlen, jedes 63 Pfund schwer, nach und nach eingetragen, wodurch der Ofen zugleich abgewärmt wird. Sind

die letzten Kohlen eingetragen und durchgebrannt, so werden die Balgen in Bewegung gesetzt. Nun werden nach und nach, so wie der Raum oben auf der Gicht des Ofens es erlaubt, 16 Porays Erz, zusammen 2160 Pfund, und noch 20 Gemäße Kohlen eingetragen und niedergeschmolzen. Die ganze Arbeit dauert 24 Stunden, in welcher Zeit sich zwei paar Arbeiter bei den Balgen ablösen, um einen ununterbrochenen Windstrom hervorzubringen. Der eigentliche Schmelzer beobachtet den Gang des Feuers, setzt Kohlen und Erz auf, verstopft die Risse, und bricht, sobald sich die Eisenmasse gebildet hat, den Thonpfropfen aus dem Schlackenloch aus, um eine große Menge verglaster Masse abzulassen. Diese glasartige Masse hat das Ansehen von Brauneisenstein, und enthält sehr viel Eisen, welches sich nicht reduciren konnte. Die Balgen werden jetzt weggenommen und die Vorwand des Ofens wird eingestoßen. Die vielen noch nicht verbrannten Holzkohlen, welche sich nach dem Wegbrechen der Vorwand im Ofen vorfinden, werden vorgezogen und mit Wasser gelöscht. Die Eisenmasse selbst bleibt noch 24 Stunden in dem Sandheerd liegen, um sich nach und nach abzukühlen. Je nachdem die Schmelzung mehr oder weniger günstig war, wiegt sie 384—256 Pfund. Wenn sie erkaltet ist wird sie mit einem großen Hammer zerschlagen und in diesem Zustande verkauft. Das Eisen ist zwar hämmerbar, aber brüchig, indem es eine sehr poröse und unregelmäßig gestaltete Masse bildet, welche theilweise in Fluß gekommen zu seyn scheint, und in deren Höhlungen sich noch viele Kohle befindet, die von Eisen umgeben ist. Das Ausbringen aus dem Erz beträgt also nur 11,8 bis 17,8 Prozent, und das wirklich ausgebrachte Eisen befindet sich in einem sehr unvollkommenen Zustande. Die große Mangelhaftigkeit des Prozesses rührt ohne Zweifel von der schlechten Beschaffenheit des Gebläses her. Dieses besteht aus 2 paar ledernen, cylindrischen Säcken von 18 Zoll Höhe und 9 Zoll Durchmesser. An jeder Seite des Ofens liegen zwei solcher

Säcke, auf einer aus Thon angefertigten Unterlage, so daß jeder Ofen den Wind aus 4 Säcken erhält. Diese Säcke sind oben eingeschlitzt, und von den durch diesen Schlitz gebildeten beiden Enden oder Lappen liegt einer über dem anderen, um den Dienst eines Ventils zu verrichten. Ein Arbeiter setzt beide Säcke, die sich auf jeder Seite des Ofens befinden, in Bewegung, indem er das überschlagende Ende, oder den äußeren Lappen, mit der Hand fest hält, und nun abwechselnd beim Niederdrücken den Wind auspreßt, bei dem in die Höhe ziehen aber wieder Luft einströmen läßt. Auf solche Art drückt er wechselsweise den einen Sack nieder, während er den anderen in die Höhe gehen läßt. Jeder Sack hat zwar seine besondere Düse, aber beide Düsen liegen in einer gemeinschaftlichen Formröhre. Es sind also für jeden Ofen zwei Balgendrücker erforderlich, welche von Zeit zu Zeit durch zwei andere abgelöst werden.

Eine ganz andere Einrichtung haben die Gebläse, deren sich die Bewohner der Inseln im Indischen Archipel bedienen. Dampier (Voy. Amsterd. 1698. II. 374) beschreibt die Gebläse auf der Philippinischen Insel Mindanao, welche, wie Crawfurd (I. 188) bemerkt, noch jetzt ganz in der nämlichen Art vorhanden seyn sollen. Auf Mindanao giebt es sehr geschickte Schmiede, sagt Dampier, deren Gebläse von den unsrigen sehr verschieden sind. Sie bestehen aus einem Cylinder von Holz, oder aus einem Baumstamme von etwa 3 Fuß Höhe, der wie eine Pumpe ausgebohrt ist und senkrecht auf dem Boden in der Nähe des Feuers steht. Nahe am unteren Ende ist ein kleines Loch, und zwar an der dem Feuer zugekehrten Seite, in welches man eine Röhre steckt, um durch dieselbe den Wind in das Feuer zu leiten. Eine hölzerne Stange, an deren einem Ende ein dickes Bund von feinen Federn befestigt ist, dient als Kolbenstange mit Kolben, denn indem die Federn gegen die inneren Wände des Cylinders drücken, treiben sie die darin befindliche Luft aus der unten befindlichen Röhre. Von solchen Baumstämmen ste-

hen zwei so nahe neben einander, daß ein zwischen beiden befindlicher Arbeiter einen nach dem andern handhaben kann, indem er in jeder Hand eine Stange oder Pumpenstiefel hält, von denen er den einen niederdrückt, während er den zweiten in die Höhe zieht. Ambösse kennen sie nicht, sondern sie schmieden auf großen harten Steinen und bedienen sich bei ihren Arbeiten der Holzkohlen.

Das Verfahren welches die Manding-Neger auf der Westküste von Afrika bei der Eisenbereitung anwenden, hat Mungo Park beschrieben. Die zunächst an der Küste wohnenden Neger, bemerkt er, werden durch europäische Kaufleute reichlich mit Eisen versorgt, und kommen daher gar nicht in den Fall es selbst zu bereiten. Dagegen erzeugen die weiter im Lande wohnenden Stämme so viel Eisen, daß sie mit der Produktion nicht allein ihren eigenen Bedarf bestreiten, sondern auch noch einen Handelsartikel für die benachbarten Länder daraus machen. Der Ofen den Park unter andern in Kamalia sah (Taf. I. Fig. 6.) ist ein cylindrischer, oder vielmehr ein nach oben sich etwas kegelförmig verjüngender Thurm, der etwa 10 Fuß hoch aus Thon aufgeführt wird, und dessen Durchmesser unten auf der Sohle drei Fuß beträgt. Im ersten und zweiten Drittel seiner Höhe erhält er eine einfache Verankerung durch umflochtene Reifen aus Baumzweigen, welche das Bersten und Aufreißen des Thons, so wie das Auseinanderfallen der Umgebungsmauer des Schachtes, bei der starken Hitze welche in dem Ofen hervorgebracht wird, verhindern sollen. Die eigentliche Ofensohle liegt noch etwas tiefer als die Horizontalebene des Erdbodens. Sie ist daher etwas in der Erde eingegraben, und bildet keine horizontale, sondern eine concave Fläche, um die darzustellende Eisenmasse aufzunehmen. In gleicher Höhe mit dem Erdboden befinden sich in der Schachtmauer, und zwar in gleichen Abständen von einander, also rund um den Umfang und am Fuß des Schachtes, sieben Oeffnungen. In eine jede von diesen Oeff-

nungen werden drei Thonröhren gesteckt, aber die Oeffnungen selbst, so wie die Thonröhren eingelegt worden sind, wieder mit Thon ausgefüllt und so fest verschlossen, daß die Luft auf keinem anderen Wege als durch die Röhren in den Ofenschacht dringen kann. Der Luftzug wird durch das Oeffnen und Schließen der Röhren regulirt. Die Thonröhren werden aus einem Gemenge von Thon und Gras gemacht, welches mit den Händen durchgeknetet und dann um einen runden hölzernen Stab geschlagen wird, der die Stelle eines Kerns für die zu bildende Röhrenöffnung vertritt. Sobald das Thongemenge an der Luft etwas getrocknet ist, und hart zu werden anfängt, zieht man den hölzernen Stab heraus und läßt die Röhre an der Sonne austrocknen. Das Eisenerz wird in Stücken von der Größe eines Hühnereies angewendet. Zuerst wird ein Bündel trocknes Holz in den Ofen geworfen und mit einer großen Menge Holzkohlen beschüttet, welche durch das Holz bald in Brand kommen. Ueber die Kohlen bringt man eine Schicht Eisenerz, dann wieder eine Schicht Holzkohlen, und so weiter bis der Ofen bis oben ganz angefüllt ist. Dann wird das Holzbündel durch eine von den Röhren in Brand gesteckt, und, um das Anzünden des Holzes zu befördern, einige Zeit lang mit Balgen aus Ziegenhäuten geblasen. Das Feuer verbreitet sich zuerst ziemlich langsam, und es verstreichen mehre Stunden ehe die Flamme oben aus der Oeffnung des Ofens herausschlägt. Dann brennt es aber die ganze erste Nacht hindurch sehr heftig fort, und die Arbeiter sind bemüht, von Zeit zu Zeit mehr Kohlen und Eisenstein aufzutragen. Am folgenden Tage ist das Feuer minder heftig, und in der zweiten Nacht werden einige Röhren ausgezogen, so daß die Luft einen freieren Zutritt zu dem Ofen erhält. Die Hitze ist aber immer noch sehr groß, so daß eine bläuliche Flamme einige Fuß hoch über die Mündung des Ofens herausschlägt. Am dritten Tage, vom Anfange der Arbeit an gerechnet, werden alle Röhren ausgerissen. Von mehren dieser

Röhren waren die Erden durch die Hitze völlig verglast. Das Metall bleibt aber noch einige Tage im Ofen liegen, und wird erst ausgebrochen wenn es ganz kalt geworden ist. Zu diesem Zweck muß unten ein Theil des Ofens eingerissen werden. Das Eisen liegt als eine große, unregelmäßige Masse, welche noch Stücken von Holzkohle eingeschlossen enthält, auf der Ofensohle. Die weitere Verarbeitung dieses stahlartigen Eisens geschieht durch wiederholtes Glühen in einer Esse, in welcher die Hitze durch ein paar sehr einfach eingerichtete Balgen aus Ziegenleder unterhalten wird. — Zu Joningalla, am rechten Ufer des Gambia, zwischen Madina und den Ruinen von Koba, sah Park ähnliche Oefen zum Eisenschmelzen (Taf. I. Fig. 7) die aber viel niedriger und anders construirt waren, übrigens ganz auf dieselbe Art behandelt wurden.

Dies Verfahren beim Verschmelzen der Eisenerze durch die Neger in den Westafrikanischen Küstenländern zeigt die größte Aehnlichkeit mit dem noch jetzt hier und dort statt findenden Betriebe der Stücköfen. Der einzige Unterschied besteht darin, daß man bei unseren Stücköfen eine regelmäßige Windzuleitung aus dem Gebläse durch die Formen statt finden läßt, statt daß bei den Afrikanischen Oefen die unverdichtete athmosphärische Luft durch die Röhren in den Schmelzraum dringt. Aber selbst diese Art der Luftzuführung, — welche unbezweifelt mangelhaft genannt werden muß, — hat eine kürzlich als eine neue, wichtige, und mit ökonomischen Vortheilen verknüpfte Methode angepriesen und sie bei dem Betriebe unserer Eisenhohöfen empfohlen.

Auch Mollien sah in den Ländern zwischen den Flüssen Senegal und Gambia, 6 Fuß hohe, kegelförmige Eisenschmelzöfen. Zuweilen kommt es vor, daß die Oefen wenig Eisen ausbringen, und daß eine außerordentliche Menge von Schlacken ausgebrochen werden muß. Die Neger treiben aus diesem Eisen ihre Kessel aus, denn gegossene eiserne Kessel haben sie nicht.

Die mehrsten Bewohner von Languebana (zwischen dem Gambia und dem Rio Grande) sind Eigenthümer von Eisenschmelzöfen, sagt Mollien, welchem Erwerbszweige sie sich vorzüglich gerne hingeben. Zum Schmieden des Eisens bedienen sie sich eines granitartigen Grünsteins, welcher eine abgerundete Gestalt erhält, und mit einem ledernen Riemen umgeben ist, den der Arbeiter an einer Schnur befestigt, welche er in der Hand fest hält. Er hebt den Stein auf, und wirft ihn auf das zu bearbeitende Eisen, welches auf einem sehr niedrigen, mit Sand umgebenen Amboß liegt. Auf diese rohe und umständliche Art wird dort das Eisen geschmiedet und zu kleinen Stäben von 8 Zoll Länge ausgereckt.

Ueber den Schmelzprozeß der Turkomannen, oder der die Gebirgskette des Taurus bewohnenden Völkerschaften, sind wir durch Hrn. Russegger unterrichtet worden. Die ganze Gebirgskette des Taurus, bemerkt derselbe, ist reich an Eisenerz führenden Lagerstätten. Punkte, wo diese Lagerstätten sich in besonderer Entwicklung zeigen, befinden sich westlich, östlich und nordöstlich von Adana. Die Eisenerze sind größtentheils Brauneisenstein, Thoneisenstein, Eisenocker und selten Magneteisenstein. Die leichtflüssigsten Varietäten des Thoneisensteins haben die Turkomannen schon lange zur Erzeugung von Eisen benutzt, und noch gegenwärtig bestehen solche Eisenhütten unter anderen zu Maserle, Bagdschadschig und Korrumsza, oder eigentlich in Acharsche. Letztere ist gegenwärtig wohl die wichtigste und der dort statt findende Prozeß ist der allgemein eingeführte. Die zu verschmelzenden Erze werden im Herbst auf der Lagerstätte gewonnen, nach der Hütte gebracht und im Laufe des Winters verschmolzen. Der Eisenstein ist leichtflüssig, giebt vortreffliches weiches Eisen und ist sehr reich, indem eine damit angestellte Probe einen Roheisengehalt von 53 Procent ergab. Zur Verschmelzung der Eisenerze bestehen gegenwärtig in Acharsche vier Oefen von nachstehender Construction. Der Ofen ist aus Kalk-

steinen und Serpentin mit Lehm verbunden aufgeführt und der Schacht inwendig mit Thon ausgeschlagen. Die Form des Schachtes ist rund und unten konisch zusammen gezogen, wodurch eine Art von Gestell gebildet wird. Der obere Durchmesser, an der Gicht, beträgt 3 Fuß 6 Zoll; der untere, im Gestell, 1 Fuß 6 Zoll, die ganze Schachthöhe 12 Fuß. Die konische Zusammenziehung beginnt von oben nieder gerechnet erst im 9ten Fuß der Schachthöhe, folglich in ¾ seiner Höhe. Der Querschnitt des Ofens ist durchgehends ein Kreis. Das Stichloch befindet sich ganz am Boden des Gestelles, wo sich auch die 1 Fuß im Quadrat haltende Oeffnung befindet, aus welcher das Stück Eisen herausgenommen wird und welche, bis auf das Schlackenloch, während der Blasezeit mit Steinen vermauert wird. Die Form befindet sich 12 Zoll über der Sohle des Schmelzraums und ist aus Thon angefertigt. Eine solche Form dauert gewöhnlich 6 Wochen. Die Formöffnung ist ein Kreis von 2½ Zoll im Durchmesser. Die Form wird so eingelegt, daß der Wind die Mitte des Gestellbodens trifft. Man bläßt mit 2 Düsen und runden Balgen, die durch Menschen bewegt werden. Zur Schmelzung wird der Ofen gehörig ausgewärmt und dann mit Kiehn und mit Cedernholz angefüllt. Die Holzstücke haben den Durchmesser des oberen Theils des Ofenschachtes zur Länge und sind 2 bis 3 Zoll dick. Der Ofen wird unten angezündet, und nach 3 Tagen senkt sich das Holz auf 3 Fuß von oben. Man trägt nun die Erze, in faustgroßen Stücken, 1 Fuß hoch auf, füllt die übrigen 2 Fuß im Ofenschacht wieder mit Holz an und thürmt dasselbe noch 2 Fuß oberhalb der Gicht auf. Das Gebläse wird nun angelassen. Bei gutem Ofengang kann man jenes Verfahren alle 2 Stunden wiederholen, bei schlechterem sind wohl 3 Stunden erforderlich. Ist genug Erz und Holz und ein guter Ofengang, so dauert eine ganze Ofencampagne auch 3 Monate. Die Flamme schlägt hoch über die Gicht. Das Schlackenloch bleibt immer

offen und die Schlacke fließt vonselbst ab, nur daß man ihr zuweilen etwas nachhelfen muß. Die Erze werden übrigens ganz ohne Zuschläge verschmolzen. Alle 12 Stunden wird das größere Loch im Gestelle aufgemacht und ein Stück Eisen, halb roh und halb gefrischt, etwa 60 Pfund schwer, herausgenommen und der Ofen sogleich wieder in Betrieb gesetzt. Die Schlacke ist meist sehr leichtflüssig, aber auch sehr eisenhaltig. — Das herausgenommene Eisen wird nun einer eigenthümlichen und wohl überlegten Frischmethode unterworfen. Die Turkomannen bedienen sich hierzu ganz besonders eingerichteter Frischöfen, nämlich eines größeren backofenartig construirten Ofens, — welcher als Magazin für die glühenden Kohlen dient, — und eines daran gebauten niedrigen Oefchens, oder des eigentlichen Frischofens. Der Heerd des größeren Ofens besteht aus einem unter einem sehr flachen Winkel geneigten Lehmboden, welcher mit einem Lehmgewölbe überspannt ist, so daß der Ofen das Ansehen eines flachen und niedrigen Backofens erhält. Der horizontale Querschnitt des inneren Heerdraums hat eine elliptische Gestalt; die ganze Länge der Ofensohle ist 7 Fuß 6 Zoll, bei einer Breite von 6 Fuß in der Mitte, von 3 Fuß an der hinteren und von 2 Fuß an der vorderen Seite. Diese beiden Seiten des Ofens sind offen, sonst ist derselbe überall ganz geschlossen. Die hintere Oeffnung dient zum Eintragen und Nachschüren der Kohlen; bei der Breite von 3 Fuß hat sie eine Höhe von 18 Zollen. Die vordere 2 Fuß breite Seite ist die Arbeitsseite und nur 6 Zoll hoch. Die Höhe des Gewölbes in der Mitte des Ofens beträgt 3 Fuß, so daß das Gewölbe nur die beiden längeren Seiten des Ofens bis zur Heerdsohle umspannt, und daß vorne und hinten die beiden Oeffnungen von 18 und von 6 Zoll, in den angegebenen Breiten, offen bleiben. An der Oeffnung der vorderen Seite des Kohlenofens, nämlich an der Arbeitsseite, ist der eigentliche Frischofen mit der Schmelzgrube angebaut und bildet eine Verlängerung des großen Ofens. Auch

dieser Frischofen ist mit einem 6 Zoll hohen Gewölbe bedeckt. Die Breite des Frischofens beträgt 2 Fuß, eben so wie die Breite des Kohlenofens an dessen vorderen Seite, indem er von diesem die Verlängerung ist. Die Länge des Schmelzheerdes ist 12 Zoll. Die an der Oeffnung des Kohlenofens sich anschließende Seite ist ebenfalls offen, und bei der Breite von 2 Fuß, nur 6 Zoll hoch. Auch die ganze Vorderseite des Frischofens bleibt offen und bildet die eigentliche Arbeitsöffnung. An den mit den langen Seiten des Kohlenofens correspondirenden Seiten des kleinen Frischofens befindet sich auf der einen Seite die Schlackenöffnung und auf der anderen Seite die Formöffnung. Der Schmelzheerd ist nach der Schlackenseite zu geneigt, um den Abfluß der Schlacke zu befördern. Die Form wird aus Thon angefertigt. Zur Verfrischung, welche erst dann vorgenommen wird, wenn der ganze Erzvorrath aufgearbeitet ist, verwendet man dasselbe Gebläse, welches bei den Schmelzöfen gedient hat. Der ganze Kohlenofen sowohl als der Frischofen werden bis an das Gewölbe mit kleinen Kohlen aus Cedern- und Wachholderholz angefüllt und, von der Seite der Arbeitsöffnung des Schmelzheerdes, angezündet. Wenn die Kohlen bis in die Mitte des Ofens in Gluth gekommen sind, läßt man das Gebläse an und trägt das Eisen durch die Arbeitsöffnung in die Schmelzgrube. Sobald das Eisen anfängt weiß zu glühen, wird es aufgebrochen und gewendet, welches öfter wiederholt wird, wobei man das Stück Eisen so umkehrt, daß bei dem jedesmaligen Aufbrechen das vordere, nach der Arbeitsseite gekehrte Ende des Eisens, nach hinten, nämlich nach dem Ofen gewendet wird, welcher die glühenden Kohlen enthält. Aus dem Eisen, welches nur Weißglühhitze erhält, aber nie zum Schmelzen kommt, schmelzt sehr viel Schlacke aus, welche aus der Schlackenöffnung abfließt. Von Zeit zu Zeit wird das Stück Eisen mittelst Zangen herausgenommen und mit der Hand unter dem Amboß gehämmert, um die Schlacke auszupressen. Auf ein Stück Eisen nimmt man

so viel Kohlen, als der Kohlenheerd bei einmaliger Füllung faßt, oder etwa 90 Kubikfuß, welche, im glühenden Zustande, während des Frischprozesses immer von der hinteren Eintrageseite gegen die Arbeitsseite nachgerückt, aber bei weitem nicht immer sämmtlich zur Verfrischung eines Stückes verwendet werden. Hat das Eisen durch das wiederholte Aufbrechen, Umkehren und Hämmern die gehörige Gaare erlangt, so wird die Arbeit mit dem Aushämmern des Stückes beendigt. Nach vollendeter Frischung wiegt es nur noch etwa 30 Pfund, giebt aber ein vortreffliches weiches Eisen. Der Eisenverlust beim Verfrischen beträgt also etwa 50 Prozent. Das Eisen wird nach Kaisarieh gebracht und der Centner mit 80 Piastern, oder 8 Gulden (nach dem 20 Guldenfuß) verkauft. Die Produktion von 4 Oefen die sich in Acharsche befinden, beträgt jährlich nur etwa 150 Centner.

§. 9.

Unbekannt mit dem Zustande, worin sich die Eisenfabrikation in den blühendsten Zeiten des römischen Reiches befand, kann es nicht befremden, wenn viele Jahrhunderte vergehen, ehe eine Kunde von der Gewinnung und Verarbeitung desselben Metalles zu uns gelangt, mit dessen Hülfe die blutigen Kriege in den ersten Jahrhunderten der christlichen Zeitrechnung geführt worden sind. Man scheint sich nur auf die Behandlung der Eisenerze in Rennfeuern beschränkt zu haben, und selbst als die Stücköfen schon bekannter geworden seyn mußten, gewann man das Eisen noch in den Renn- oder Luppenheerden. Aber mit der Verarbeitung des Eisens hatte man es schon im zwölften Jahrhundert zu einer großen Vollkommenheit gebracht, denn die Niederländischen Eisenarbeiter erwarben sich großen Ruhm durch ihre vortrefflichen und kunstreichen Eisenarbeiten.

Wo und wann die Stücköfen in Europa zuerst statt der Rennheerde eingeführt worden sind, ist nicht bekannt. Nicht un-

wahrscheinlich ist es, daß sie in Steyermark zuerst in Anwendung gebracht wurden, wohin sie vielleicht aus Klein-Asien verpflanzt worden sind, wo noch jetzt (§. 8.) eine Art von Stückofenwirthschaft statt findet, welche wahrscheinlich ein mehr als zweitausendjähriges Alter besitzen dürfte. Aus Steyermark scheinen die Stücköfen nach dem Elsaß und nach Burgund, und später nach Böhmen und Sachsen gekommen zu seyn, wo sie sich jedoch mit einigen Modifikationen verbreitet haben. Die Erhöhung der Stücköfen und die Umänderung derselben in Hohöfen, ist unbezweifelt eine Niederländische Verbesserung. Die ersten Spuren von den Blauöfen und von den Hohöfen lassen sich in Lothringen (Annales des mines. 3. Série. XII. 137) im Elsaß und in den längs dem Rhein gelegenen Provinzen Deutschlands finden, von wo sie nach England, Schweden, Ost-Deutschland und Rußland übergegangen sind. Noch zu der Zeit als Agrikola sein Hauptwerk, de re metallica, vollendete (1550), verarbeitete man in Deutschland die Eisenerze nur entweder in Rennfeuern oder in Stücköfen, und brachte die gefrischte Eisenmasse aus dem Stückofen in den Frischheerd, um das Stückofeneisen völlig geschmeidig zu machen. Die Metallurgie des Eisens befand sich also nach anderthalb tausend Jahren in Deutschland wahrscheinlich noch in demselben Zustande, in welchem sie aus Asien nach Europa übergegangen war, ohne den geringsten Fortschritt gemacht zu haben. Nur in West-Deutschland und im östlichen Frankreich waren schon die ersten Schritte zur Verbesserung des Eisenhüttenwesens geschehen, die dem Agrikola indeß unbekannt blieben. Daß die Schriftsteller des Mittelalters uns nur sehr zufällig einige beiläufige Nachrichten über die Eisenfabrikation überliefert haben, läßt sich daraus erklären, daß die Geschichtsschreiber es nicht der Mühe werth hielten, ihre Chroniken mit Nachrichten über die Gewinnung des Eisens anzufüllen, und daß in jenen Zeiten metallurgische Schriftsteller nicht gelebt haben.

Daß man das Eisen im Zustande des Roheisens schon von uralter Zeit her gekannt hat, ist nicht zu bezweifeln, aber eine Anwendung des Roheisens und eine absichtliche Darstellung desselben zur Benutzung für Gußwaaren, kann vor dem Ende des 15ten Jahrhunderts nicht erwiesen werden. Von vielen eisernen Gefäßen, deren sich unsere Vorfahren bedient haben, ist es zwar zweifelhaft, ob sie wirklich aus geschmiedetem, und ob sie nicht aus gegossenem Eisen angefertigt waren; allein vor dem Ende des 15ten Jahrhunderts läßt sich kein Dokument auffinden, aus welchem die Anwendung des Roheisens zu Gußwaaren und die absichtliche Darstellung des Roheisens, außer Zweifel gesetzt würde. Die eisernen Kanonen, deren man sich schon im 14ten Jahrhundert bediente, waren nicht gegossen, sondern aus geschmiedeten eisernen Stäben, oft sehr künstlich, zusammengesetzt, und wahrscheinlich älter als die Kanonen aus Geschützmetall. Anderson (Geschichte d. Handels III. 592) erwähnt, daß in England schon unter Eduard IV., im Jahre 1547, die ersten eisernen Kanonen durch den Franzosen Baudé gegossen worden wären; diese Angabe ist indeß ebenfalls noch zweifelhaft. Obgleich man in England später als in Frankreich von den gegossenen Hohlkugeln und Vollkugeln eine Anwendung gemacht hat, so scheint es doch wirklich, daß in England gegossene eiserne Kanonen früher als in Frankreich angefertigt und gebraucht worden sind, so daß Walter Raleigh schon im Jahre 1603 die eisernen Kanonen ein großes Kleinod für England nennen konnte, welches sie für die Marine seit jener Zeit immer mehr geworden sind. Die eisernen Kugeln wurden schon zu Anfange des 16. Jahrhunderts auf französischen Eisenhütten angefertigt und haben die steinernen dann auch sehr bald gänzlich verdrängt. Schon zu Ende des 15. Jahrhunderts wurden Gußwaaren zum häuslichen Gebrauch auf den Eisenhütten im östlichen Frankreich und westlichen Deutschland angefertigt, und in der Mitte des 16. Jahrhunderts scheint die Anfertigung von eisernen Guß-

waaren dort eine bedeutende Ausdehnung erlangt zu haben, aber nach dem östlichen Deutschland ward die Darstellung des Roheisens und dessen Anwendung zu Gußwaaren, erst in den ersten Jahren des 17. Jahrhunderts verpflanzt.

England, welches die ersten Verbesserungen der Eisenfabrikation aus dem westlichen Deutschland erhielt, hat seitdem seine Schuld an die Continentalländer Europas reichlich wieder abgetragen. In England wurden zuerst die Koaks zum Betriebe der Hohöfen bei der Darstellung des Roheisens angewendet; dort ward zuerst das Umschmelzen des Roheisens in Kupoloöfen und in Flammenöfen nach einem großen Maaßstabe ausgeführt; auf den englischen Eisenhütten ward zuerst das so höchst wichtig gewordene Verfahren ausgeführt, das Roheisen bei Flammenfeuer in Flammenöfen in Stabeisen umzuändern, und die Darstellung des Gußstahls muß als eine englische Erfindung betrachtet werden. Nicht minder wichtig sind die großen Vervollkommnungen welche die mechanischen Vorrichtungen bei der Eisenbereitung auf den englischen Eisenhütten erfahren haben. Die Cylindergebläse, die Walzwerke, die Bohr- und Drehwerke, die Eisenhobelmaschinen haben sich aus England nach und nach auf dem Continent verbreitet, ja selbst die Anwendung der Dampfmaschinen als bewegende Kraft, ist eine Erfindung worauf England stolz zu seyn gerechte Ursache hat. Noch in der neuesten Zeit ist eine wichtige Vervollkommnung der metallurgischen Prozesse, durch die Anwendung der erhitzten Luft bei den Schmelzprozessen, von England ausgegangen. Aber Frankreich und Deutschland sind jetzt in einem rühmlichen Wetteifer begriffen, die heißen Gasarten, welche sich in großer Menge bei den Schmelzarbeiten entwickeln und unbenutzt verloren gehen, zu mancherlei metallurgischen Zwecken in Anwendung zu bringen, und in der That scheint es, daß von der Anwendung dieser Gasarten eine der wesentlichsten und wichtigsten Vervollkommnungen des Eisenhüttenwesens erwartet werden muß.

§. 10.

Die Literatur der Metallurgie des Eisens ist nicht sehr reichlich ausgestattet, weil das Eisen die Aufmerksamkeit der Schriftsteller über Metallurgie erst in der neuesten Zeit auf sich gezogen hat. Die Darstellung und Bearbeitung des Eisens konnte erst eine wissenschaftliche Begründung finden, nachdem man die Ursache der verschiedenen Zustände des Eisens richtiger erkannt und nachdem man die Leitung des praktischen Eisenhüttenwesens den Händen unwissender Empiriker entzogen hatte. Agricola als einer der ersten metallurgischen Schriftsteller, erwähnt zwar der Eisenfabrikation ebenfalls, aber er beschreibt nur die Stückofenwirthschaft, in dem ihm damals bekannt gewesenen Umfange. Erst im vorigen Jahrhundert fällt das erste Licht der Wissenschaft auf die Metallurgie des Eisens durch Reaumur's, Swedenborg's, Bergman's und Rinman's Untersuchungen über die Natur und die Eigenschaften dieses Metalles. Eine wissenschaftliche Behandlung des praktischen Theils der Metallurgie, bekam das Eisen in Deutschland zuerst durch Lampadius, zu Anfange dieses Jahrhunderts, und in Frankreich durch Hassenfratz im Jahre 1812. In England ist eine wohl unterrichtete Technik, der Wissenschaft mit Riesenschritten voraus geeilt und hat der Theorie und der Praxis reichlichen Stoff zu gegenseitiger Vervollkommnung dargeboten.

D. J. F. Reitemeier, Geschichte des Bergbaues und Hüttenwesens bei den alten Völkern. Eine gekrönte Preisschrift. Göttingen 1785.

L. v. Launay, Mineralogie der Alten, oder Darstellung der Erzeugnisse des Mineralreichs, wie sie den Alten bekannt waren. 1—3r Th. Prag 1802.

Gmelin, Beiträge zur Geschichte des deutschen Bergbaues. Halle 1783.

Gatterer, Weltgeschichte in ihrem ganzen Umfange, 1r Th. von Adam bis Cyrus. Göttingen 1785.

Biringoccio: della piritochnia libri X, dove ampiamente si stratta di ogni sorte e diversità di miniere, ma ancora quanto si ricerca interno alla prattica, di quelle cose, di quel che si appartiene a l'arte de la fusione, ovver gitto de' metalli, come d'ogni altra cosa simile a questa. Venezia 1540.

Georgii Agricolae de re metallica libri XII. Basileae 1556. (Hat mehre Auflagen von 1557. 1561. 1621. und 1657. Eine Uebersetzung in 4 Bänden von E. Lehmann, ist 1812 bei Craz und Gerlach zu Freiberg erschienen.)

L'Art de convertir le fer forgé en Acier; et l'Art d'adoucir le fer fondu, ou de faire des ouvrages de fer fondu aussi fines que de fer forgé. Par Mr. de Reaumur. A Paris 1722. Ein Werk, welches einen Schatz von Erfahrungen enthält und zugleich historische Wichtigkeit besitzt.

Emanuelis Swedenborgii regnum subterraneum sive minerale de ferro, deque modis liquationum ferri per Europam passim in usum receptis: deque conversione ferri crudi in chalybem: de vena ferri et probatione ejus: pariter de chymicis praeparatis et cum ferro et victriolo ejus factis experimentis etc. c. fig. aeneis. Dresdae et Lipsiae 1734. Von diesem vortrefflichen Werke ist keine Uebersetzung erschienen.

Sven Rinman förfök till järnets historia, med tillämpning för slögder och handtwerk. Stockholm 1782. I. II. Die erste Uebersetzung: Rinman's Versuch einer Geschichte des Eisens von J. G. Georgi, erschien zu Berlin 1785 in zwei Bänden. Eine zweite vollständigere und mit Zusätzen versehene von C. J. B. Karsten zu Liegnitz 1814 u. 1815. ebenfalls in 2 Bänden.

G. Jars metallurgische Reisen I—IV. Berlin 1777. Aus dem Französischen übersetzt von Gerhard. (Die beiden ersten Bände handeln vom Eisen, und die Anmerkungen zum 2ten Bande von Gerhard sind sehr schätzbar.)

C. E. Gellert, Anfangsgründe zur metallischen Chemie. Leipzig 1751. 1776.

I. G. Wallerii elementa metallurgiae, speciatim chemicae. Holm. 1768. — Anfangsgründe der Metallurgie, besonders der chymischen. Aus d. Lat. des Hrn. J. D. Wallerius. Leipzig 1770.

J. A. Cramer, Anfangsgründe der Metallurgie. 1—3r Th. Blankenburg und Quedlinburg 1774—1777.

H. Pini de venarum metallicarum excoctione. Vindob. Vol. I. 1780. II. 1781.

J. F. Gmelin, chemische Grundsätze der Probir- und Schmelzkunst. Halle. 1786.

J. A. Scopoli, Anfangsgründe der Metallurgie. Manheim 1789.

W. A. Tiemann, systematische Eisenhüttenkunde mit Anwendung der neuen chemischen Theorie. Mit 7 Kupfern. Nürnberg 1801.

J. J. F. Wähler, Grundriß der Eisenhüttenkunde, vorzüglich in Beziehung auf Erzeugung des Roh- und Schmiedeeisens. Mit 1 Kupf. Berlin 1806.

W. A. Lampadius, Handbuch der allgemeinen Hüttenkunde, in theoretischer und praktischer Hinsicht. Erster (präparativer) Theil, m. 16 Kupf. Göttingen 1801. Zweiten Theils 1ster bis 4ter Band, 1804—1810. (Der vierte Band ist der Eisenhüttenkunde gewidmet.) — Supplemente zum Handbuche der allgemeinen Hüttenkunde. Th. I. 1818. Th. II. 1826.

W. A. Lampadius, die neuern Fortschritte im Gebiete der gesammten Hüttenkunde; in Nachträgen zum Grundrisse der allgemeinen Hüttenkunde. Freiberg 1839.

T. L. Hasse, Grundlinien der Eisenhüttenkunde. Leipzig 1801.

F. A. v. Marcher, Beiträge zur Eisenhüttenkunde, als ein Versuch, die eisenhüttenmännischen Kunstregeln durch Theorie und Erfahrungen näher zu berichtigen, I. Th. 1—12r Bd. II. Th. 1—3r Bd., zusammen 15 Bände. Klagenfurth 1805—1812.

F. A. v. Marcher, Notizen und Bemerkungen über den Betrieb der Hohöfen und Rennwerke zur Verschmelzung der Eisenerze in verschiedenen Staaten. I—V. Klagenfurth 1808—1811.

Observations on Iron and Steel. By I. Collier. In den Memoirs of the Society of Manchester. V. 109—122. (Tilloch's Philosophical Magazine I. 46—55 und in dem Repertory of Arts and Manufactures. X. 97—112.) — Strictures on Mr. Collier's Observations. By D. Mushet. In Tilloch's Philos. Magaz. II. 9—19. — On the principles of Iron and Steel. By D. Mushet. Ebendas. II. 155—168.

J. H. Hassenfratz. La Sydérotechnie, ou l'art de traiter les minerais de fer, pour en obtenir de la fonte, du fer, ou de l'acier. T. I—IV. Paris 1812. — J. H. Hassenfratz, das Wichtigste aus der Eisenhüttenkunde. Aus dem Franz. übersetzt und mit Anmerkungen begleitet von T. L. Hasse. B. I. Leipzig 1820. B. II. Heft 1. 1821. Heft 2. 1822.

Traité du fer et de l'acier, contenant un systéme raisonné sur leur nature, la construction des fourneaux, les procédés suivis dans les différens travaux des forges, et l'emploi de ces deux métaux. Paris 1804.

Encyklopädie der gesammten Eisenhüttenkunde und der davon abhängenden Künste und Handwerke. Von J. G. L. Blumhof. Gießen. 4 Bände. 1816—1820.

Kurze Anleitung zur Eisenhüttenkunde, in mineralogischer, chemischer und hüttenmännischer Hinsicht. Ein Handbuch für Hammergewerke, Officianten und unstudirte Hüttenmänner. Sondershausen 1819.

Ueber einige wichtige Gegenstände der Eisenhüttenkunde. Von A. Müller. Halle 1822.

Beiträge zur neueren Geschichte des Eisenhüttenwesens. Von C. Volhann. Eichstädt 1825.

Jern-Kontorets Annaler. Stockholm. I. 1817. wird noch fortgesetzt.

Von der ersten Ausgabe dieses Handbuches in 2 Bänden (1816) ist im Jahre 1824 eine französische Uebersetzung, ebenfalls in zwei Bänden erschienen: Manuel de la Métallurgie du Fer. Par C. J. B. Karsten. Trad. de l'Allemand par F. J. Culmann. Metz. Von der zweiten Ausgabe desselben Werkes in 4 Bänden (1827) erschien eine franz. Uebersetzung in 3 Bänden, ebenfalls durch Hrn. Culmann. Metz 1830.

Pelouze, l'art du maitre de forges, ou traité théoretique et pratique de l'exploitation du fer. T. I. II. Paris 1827. 1828.

Landrin, Manuel complet du maitre des forges, ou traité théoretique et pratique de l'art de travailler le fer. T. I. II. Paris 1819.

C. F. A. Hartmann, Lehrbuch der Eisenhüttenkunde. 2 Bände. Berlin 1833. 1834.

Dufrénoy, Élie de Beaumont, Coste et Perdonnet Voyage métallurgique en Angleterre. T. I. II. Paris 1837. 1839.

Walter de Saint-Ange et le Blanc Métallurgie pratique du fer, avec Atlas des machines, appareils et outils actuellement employés. T. I. II. Paris 1835—1838. — Von diesem ausgezeichneten und vortrefflichen Werke ist eine deutsche Uebersetzung durch Hrn. C. F. A. Hartmann veranstaltet worden.

Examen analytique de l'usine de Decazeville, Depart: de l'Aveyron. Par M. Pillet-Will. Paris 1832. Ein Werk worin sehr gute Belehrung über Roheisenproduktion und Stabeisenfabrikation zu finden ist.

Versuch eines systematischen Verzeichnisses der Schriften und Abhandlungen vom Eisen, als Gegenstand des Naturforschers, Berg- und Hüttenmanns, Künstlers und Handwerkers, Kaufmanns, Staatshaushälters und Gesetzgebers (von Abt). Berlin 1782.

J. G. L. Blumhof, vollständige systematische Literatur vom Eisen, in mineralogischer, chemischer, technologischer, ökonomischer, cameralistischer und medizinischer Rücksicht. Braunschweig 1803.

Die Schriften, welche sich auf einen speciellen Gegenstand beziehen, werden gehörigen Orts angeführt werden.

---

§. 11.

Das Eisenhüttengewerbe ist jetzt für mehre europäische Staaten von der höchsten Wichtigkeit geworden, theils wegen des unmittelbaren Nutzens der aus dem Betriebe der Eisenhütten erwächst, theils und vorzüglich wegen der mittelbaren Vortheile, welche dies Gewerbe dem Staate gewährt. Kein Hüttengewerbe beschäftigt so viele Hände, keins bewirkt einen so großen und anhaltenden Geldumlauf, keins wirkt so unmittelbar auf den Wohlstand des Staats und seiner Bewohner. Der eigene Vortheil der Regierungen erheischt es daher, dies Gewerbe auf alle Art zu unterstützen und emporzubringen; sey es

durch zweckmäßige äußere und innere polizeiliche Maaßregeln, um den Produkten Absatz zu verschaffen und die Fabrikanten sicher zu stellen, damit sie das Fabrikat nicht unter dem Werthe verkaufen dürfen; sey es durch unmittelbare Unterstützungen, welche in einzelnen Fällen ertheilt werden; sey es endlich dadurch, daß der Staat die Kosten nicht spart, um neue Methoden bei der Fabrikation in Gang zu bringen und den Hüttenbesitzern mit Versuchen und demnächst mit Lehre und Beispiel voranzugehen. Die durch das Eisenhüttengewerbe eingehenden Abgaben aller Art, Grund- und Kopf- oder Personensteuer, Zehnden, Zölle, Accise, Waage- und Wegegelder, Gewerbs- und Nahrungssteuer, werden die Staatscassen für jene Opfer reichlich entschädigen, und dem Staat die Vortheile sichern, welche aus diesem Gewerbe für die Vermehrung der Landescultur und für die militairische Beschützung des Landes entspringen.

Hütten- und Hammerordnungen. Ein- und Ausfuhrverbote. Prämien bei neuen Erfindungen. Ertheilung von Privilegien. Anziehung von Arbeitern. Regulirung der Holz- und Eisenpreise und Einrichtung eines Stapels zum Vortheil des Publikums und des Gewerbes. Erleichterung der Transporte durch gute Straßen und Kanäle. Möglichste Ausdehnung in der Anwendung des Eisens.

§. 12.

Die statistischen Nachrichten über die Eisenfabrikation in den verschiedenen Staaten sind immer noch sehr mangelhaft und unvollständig. Was aus den zur öffentlichen Kenntniß gekommenen Mittheilungen mit einiger Wahrscheinlichkeit hervorgeht, ist aus den folgenden Zusammenstellungen zu entnehmen.

England.

England zeichnet sich unter allen Ländern, in denen das Eisenhüttengewerbe blüht, ganz besonders aus. Dies Land ist jetzt die Schule des praktischen Eisenhüttenmannes geworden,

und von dort sind alle Verbesserungen ausgegangen, welche die Metallurgie des Eisens in neueren Zeiten erfahren hat. Die Unternehmungen der Engländer haben dem Gewerbe eigentlich den Schwung gegeben, und England hat den anderen Staaten gezeigt, wie wichtig und folgenreich das Eisenhüttengewerbe auf die Entwicklung des Nationalwohlstandes einwirkt.

Es scheint, daß die alten Briten das Eisen schon gekannt haben, als die Römer (120 Jahr n. C. G.) in ihr Land kamen, denn diese fanden schon eiserne Geräthe vor. Aber auch den Römern entging es nicht, daß Britanien das Land der Eisenfabrikation sey, denn sie legten im Lande der Silurier (Süd-Wales) bald sehr bedeutende Eisenwerke an, um eiserne Waffen und Geräthe verschiedener Art anfertigen zu lassen. Man hat ungeheure Schlackenhalden, aus den Zeiten der Römer abstammend, zu Forest of Dean in Monmouthshire, so wie auch in Yorkshire und in anderen Grafschaften aufgefunden. Die Eisenbereitung scheint später, durch die Invasion der Dänen, in England auf längere Zeit zum Erliegen gekommen zu seyn; sogar im 14. und 15. Jahrhundert war das Eisen in England noch so selten, daß der größte Theil des Eisenbedarfs aus Deutschland und Spanien bezogen ward. Die älteste Art der Eisenbereitung in England ist nicht bekannt, indem schon seit mehreren Jahrhunderten, nämlich seit dem Ende des 15. Jahrhunderts, die Schachtöfen aus Deutschland eingeführt worden sind. So lange man sich der Holzkohlen bediente, um die Erze in Schachtöfen zu schmelzen und das Roheisen in Heerden zu verfrischen, erlangte die Eisenfabrikation keine große Ausdehnung. Schon zu Ende des 16. Jahrhunderts hatten die Waldungen so abgenommen, daß man es nöthig hielt, die Anlage von neuen Eisenhütten zu untersagen. Dieser zunehmende Holzmangel veranlaßte auch, in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts, Versuche, Steinkohlen zur Eisenerzeugung anzuwenden, welche von Zeit zu Zeit mit zweifelhaftem Erfolg erneuert und endlich seit

dem Jahre 1740 als vollständig gelungen zur Ausführung gebracht wurden. Dennoch wurden in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts immer noch mehr Hohöfen mit Holzkohlen als mit Koaks betrieben, so wie überhaupt die Eisenfabrikation erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts eine immer größere Wichtigkeit für England erlangt, und jetzt eine Höhe erreicht hat, welche in der Geschichte der Metallurgie ganz ohne Beispiel ist. Noch im Jahre 1737 ward der Vorschlag im Parlament gemacht, Roheisen aus den Britischen amerikanischen Colonien nach England zu bringen, weil sich, bei dem zunehmenden Holzmangel, die Einfuhr des Stabeisens immer vergrößerte. Es sind besonders zwei Umstände, durch welche das schnelle Steigen der Roheisenproduktion in England, seit der Einführung der Koaks statt der Holzkohlen beim Hoheofenbetriebe, möglich geworden ist. Zuerst die Anwendung kräftigerer Gebläse. Das erste Cylindergebläse ward, wahrscheinlich im Jahre 1760, zu Carron errichtet, und sehr bald wurden die alten Gebläsevorrichtungen durch die Cylindergebläse im ganzen Lande verdrängt. Sodann die seit dem Jahre 1788 allgemeiner gewordene Anwendung der Wattschen doppelt wirkenden Dampfmaschinen, wodurch man sich starke bewegende Kräfte schuf, die man früher nicht würde haben herbeischaffen können. Aber es tritt noch ein anderes Ereigniß hinzu, durch welches die Eisenbereitung in England, etwa seit dem Jahre 1784, durch Hrn. Cort ein neues Leben erhalten und welches seit einigen Jahrzehenden auf dem Continent reichen Segen verbreitet hat. So lange man noch genöthigt war, sich der Holzkohlen zur Umänderung des Roheisens in Stabeisen zu bedienen, würde die Erzeugung des Roheisens bei Koaks immer ihre Gränze gefunden haben, welche durch den Holzverbrauch bei der Stabeisenbereitung bestimmt worden wäre. Hrn. Cort gebührt das nicht gehörig gewürdigte Verdienst, bei dem Verfrischungsprozeß des Roheisens die Steinkohlen in Anwendung gebracht zu haben,

so daß die Fabrikation jetzt nur allein durch die Verhältnisse des Eisenhandels ihre Gränze findet. Es ist indeß auch nicht bloß das vermehrte Bedürfniß an Stabeisen, sondern auch die Anwendung des Roheisens, als Stellvertreter des Holzes bei allen Bauausführungen, wodurch die Roheisenerzeugung Großbritaniens in einem sehr kurzen Zeitraum zu einer kaum glaublichen Höhe gestiegen ist. Die folgenden Zahlen werden das stete Fortschreiten der Produktion am deutlichsten zeigen.

					Tonnen
1740	betrug	die	Roheisenfabrikation	Großbritaniens	17,350
1750	—	—	—	—	22,000
1760	—	—	—	—	27,000
1770	—	—	—	—	32,000
1780	—	—	—	—	40,000
1788	—	—	—	—	68,300
1790	—	—	—	—	80,000
1796	—	—	—	—	125,079
1800	—	—	—	—	156,000
1806	—	—	—	—	258,206
1810	—	—	—	—	300,000
1820	—	—	—	—	400,000
1823	—	—	—	—	452,066
1825	—	—	—	—	581,367
1827	—	—	—	—	690,000
1828	—	—	—	—	703,184
1830	—	—	—	—	678,417
1836	—	—	—	—	1,200,000
1839	—	—	—	—	1,512,000

Eine Produktion von 17,350 Tonnen, wie sie im Jahre 1740 statt fand, war für einen Staat der über die Meere gebot, ganz unzureichend, und England würde ohne seine Steinkohlen und deren Anwendung auf den Eisenhüttenbetrieb, schwerlich zu dem Grade der Macht und Stärke gelangt seyn, den es

jetzt erreicht hat. Im Jahr 1740 war noch kein Hohofen mit Koaks im Betriebe, sondern das ganze Produktionsquantum von 17,350 Tonnen erfolgte aus 59 damals in England befindlichen Hohöfen, welche sämmtlich mit Holzkohlen betrieben wurden. In welchem Verhältniß sich seitdem die Anzahl der Holzkohlenhohöfen vermindert und die der Koakshohöfen vermehrt hat, ergiebt sich aus einer offiziellen statistischen Uebersicht vom Jahre 1788. In diesem Jahre befanden sich:

			Tonnen
In England	24 Holzkohlenöfen,	mit einer Produktion von	13,100
	53 Koakshohöfen,	— — — —	48,200
In Schottland	2 Holzkohlenhohöfen,	— — —	1,400
	6 Koakshohöfen,	— — — —	5,600

Es wurden folglich 68,200 Tonnen Roheisen in 85 Hohöfen erzeugt, von denen 26 mit Holzkohlen und 59 mit Koaks betrieben wurden. Im Jahr 1806 wurden von 161 wirklich im Betriebe befindlichen Hohöfen nur noch 2 mit Holzkohlen versorgt. Im Jahr 1825 standen 261, und im Jahr 1827 standen 284 Oefen wirklich im Betriebe, worunter kein einziger der noch mit Holzkohlen betrieben worden wäre. Im Jahr 1830 zählte man in England und Schottland 357 Hohöfen, nämlich:

			Tonnen
In Süd-Wales, ...	113	Hohöfen, mit	277,643
— Nord-Wales, ...	24	— —	25,000
— Staffordshire, ...	123	— —	212,604
— Shropshire, ...	48	— —	73,418
— Yorkshire, ...	27	— —	28,926
— Northumberland und Durham	4	— —	5,327
— Derbyshire, ...	18	— —	17,999
— Schottland, ...	22	— —	37,500

Als vorzüglich ausgezeichnete Hüttenwerke sind folgende anzuführen: In Staffordshire; Bradley mit 3 Hohenöfen und 6307 Tonnen jährlicher Roheisenerzeugung. Barber's-field mit

2 Hohenöfen und 5720 Tonnen. Bilston mit 4 H. und 4680 T. Broadwaters mit 2 H. und 6368 T. Blower's-green mit 2 H. und 5257 T. Buffery mit 3 H. und 5246 T. Coseley mit 3 H. und 10,140 T. Chillington mit 2 H. und 6240 T. Corbyn's-hall mit 4 H. und 7350 T. Dudley mit 3 H. und 6400 T. Dudley Wood mit 4 H. und 8664 T. Eagle mit 2 H. und 6656 T. Gospel Oak mit 4 H. und 6840 T. Gold's-green mit 3 H. und 9412 T. Horseley mit 2 H. und 4680 T. Mill-fields mit 4 H. und 8112 T. Oldbury mit 2 H. und 5720 T. Old-Park mit 2 H. und 5200 T. Park-field mit 4 H. und 9500 T. Union mit 2 H. und 4650 T. Wednesbury-Oak mit 3 H. und 7684 T.

In Shropshire; Donnington mit 5 H. und 15,110 T. Horsehay mit 3 H. und 6833 T. Lightmoor mit 3 H. und 5763 T. Old-Park mit 4 H. und 15,300 T. Wombridge mit 3 H. und 7134 T.

In Süd-Wales; Abersychan mit 6 H. und 10,640 T. Aberdare nebst Abernant mit 6 H. und 12,571 T. Blaenafon mit 5 H. und 13,843 T. Beaufort mit 4 H. und 7276 T. Cyfarthfa mit 9 H. und 29,000 T. Clydach mit 3 H. und 10,191 T. Dowlais mit 12 H. und 32,611 T. Hirwen mit 4 H. und 9360 T. Maesteg mit 1 H. und 2430 T. Nant-y-glo mit 7 H. und 23,833 T. Pentwyn mit 3 H. und 5391 T. Plymouth mit 5 H. und 18,582 T. Penydarran mit 5 H. und 17,015 T. Bute mit 3 H. und 7608 T. Sir Howey et Ebbw Vale mit 6 H. und 26,020 T. Tredegar mit 5 H. und 18,514 T. Varteg-hill mit 5 H. und 13,536 T. Ynisceddwyn mit 2 H. und 2111 T. Neath Abbey mit 2 H. und 2374 T.

In Yorkshire; Bowling mit 3 H. und 5117 T. Brierley mit 2 H. und 4590 T. Elsicar mit 3 H. Shelf mit 3 H. und 7480 T. Thomcliffe mit 3 H. und 2188 T.

In Derbyshire; Alfreton mit 2 H. und 2950 T. Butterley mit 2 H. und 3081 T.

In Northumberland und Durham; Birtley mit 2 H. und 3080 T. Lemmington mit 2 H. und 2247 T.

In Schottland; Clyde mit 4 H. und 8000 T. Calder mit 4 H. und 9000 T. Monkland mit 2 H. und 2000 T. Muirkirk mit 3 H. und 4000 T. Gartsherry mit 1 H. (erst im Bau). Shotts mit 1 H. und 2000 T. Carron mit 5 H. und 7000 T. Devon mit 3 H. und 3500 T. Wilsantown mit 2 H. und 2000 T.

Seit dem Jahr 1830 hat die Roheisenproduktion aber wieder so außerordentlich zugenommen, daß die hier angegebenen Produktionsquantitäten für das Jahr 1830 kaum mehr ein zuverlässiges Anhalten für die jetzigen Verhältnisse geben können. Im Jahr 1839 soll, den Angaben nach, in 420 Hohenöfen die ungeheure Quantität von 1½ Millionen Tonnen Roheisen dargestellt worden seyn, wozu Schottland 200,000 Tonnen beigetragen hat. Wenn man erwägt, daß in Schottland im Jahre 1788 nur 7000 Tonnen Roheisen erblasen worden sind, so muß man über die außerordentliche Zunahme nicht minder verwundert seyn, als über das Verhältniß der Roheisenerzeugung in Großbritanien in dem Jahrhundert von 1740 und 1839. Damals bestand die ganze Roheisenerzeugung aus 17,350, und 100 Jahre später betrug sie 1½ Millionen Tonnen, ein fortschreitendes Verhältniß, welches schwerlich in einem anderen Staate angetroffen werden dürfte.

Vergleicht man die Anzahl der Hohöfen in 1830 (357) mit derjenigen in 1839 (420), so ergiebt sich schon, daß auch noch andere Ursachen als die hinzugetretene größere Zahl der Oefen, wirksam gewesen sind, um die Produktion von 700,000 bis 1,500,000 Tonnen zu erhöhen. Diese Ursachen sind zum Theil allerdings nur in dem nicht regelmäßigen Betriebe der Oefen zu suchen, indem die Handelsverhältnisse bald den stärke-

ren, bald den schwächeren Betrieb der Oefen zur Folge haben, theils findet man sie aber auch in der bedeutenden Vergrößerung der Oefen, in der Verstärkung der Gebläse, in der Anwendung der erhitzten Gebläseluft und in der Benutzung der rohen Steinkohlen und der anthracitartigen Steinkohlen, welche seit der Anwendung des erhitzten Windes möglich geworden ist. Diese Umstände haben wesentlich zu der Verstärkung der Produktion beigetragen, und die vergrößerte Roheisenerzeugung würde erklärbar seyn, wenn sich die Anzahl der Hohöfen in den letzten 9 Jahren auch nicht vermehrt hätte. Unter den in diesem Zeitabschnitt hinzugetretenen 63 Hohöfen kommen aber auf Schottland allein 42, denn im Jahr 1830 befanden sich auf allen Schottischen Eisenhütten 22 Hohöfen, und im Jahr 1839 waren 49 wirklich im Betriebe und 15 im Bau begriffen. Die Verstärkung der Roheisenerzeugung und die größere Ausdehnung der Eisenhüttenwerke in Britanien in den letzten Jahren, ist vorzüglich durch den Bedarf an Schienen für die Eisenbahnen herbeigeführt. So befinden sich z. B. zu Gartsherry jetzt 12 Hohöfen, zu Monkland 5, zu Calder 7, zu Clyde 6, und es sind außerdem ganz neue Etablissements entstanden.

Die große Ausdehnung der vorhandenen und die Anlage neuer Eisenhütten in dem letzten Decennio hat besonders in Schottland und in Süd-Wales statt gefunden, weniger in Staffordshire, wo die frühere Ueberfüllung mit Eisenhütten schon eine bedeutende Abnahme von Betriebsmaterialien herbeigeführt hat, obgleich sich im Allgemeinen in allen Hüttendistrikten Britaniens die Eisenhütten mehr oder weniger ausgedehnt haben. In Schottland beschränkt sich die Ausdehnung bis jetzt auf den Betrieb der Hohöfen, der dort so außerordentlich zugenommen hat, daß im Jahr 1839 in der Gegend von Glasgow, am Clyde, über 40 Hohöfen im Betrieb und 15 im Bau begriffen sind, während 10 Jahre vorher nur wenige davon existirten. Die vortrefflichen Kohlen und die reichen Eisenerze haben

diese Anlagen ins Leben gerufen. Die Stabeisenfabrikation ist dort erst im Entstehen; die bedeutendsten Walzwerksanlagen sind zu Govan und Dondyvan bei Glasgow. Es ist nicht zu bezweifeln, daß die Stabeisenbereitung dort ebenfalls bald eine bedeutende Ausdehnung erlangen wird. In Süd-Wales haben sich auf den zu Merthyr-Tydvil gehörenden Eisenhüttenwerken, außer Dowlais, wo jetzt 18 Hohöfen und 54 Puddlingsöfen bestehen, die Anlagen wenig vergrößert. Dagegen haben sich in der Gegend von Abergavenny, Tredegar und Pontypool die Hütten sehr ausgedehnt.

Die Erze für alle diese Hohöfen liefert das Steinkohlengebirge, denn die Eisenproduktion aus dem Brauneisenstein, welcher in dem Kalksteingebirge von Cumberland gewonnen wird, ist nur unbedeutend gegen die ungeheure Masse von Eisen aus den Sphärosideriten in den Schiefern des ältesten Flötzsandsteingebirges. Weder bei der Roheisenerzeugung, noch bei der Verarbeitung des Roheisens zu Stabeisen, findet jetzt in Großbritanien eine Anwendung von Holzkohlen statt, sondern alle Schmelz- und Frischprozesse werden mit Steinkohlen und Koaks ausgeführt. Die sehr geringe Quantität von Stabeisen, welche auf einigen Hüttenwerken zu einem besonderen Zweck, nämlich zur Bereitung des Materials für die verzinnten Eisenbleche, noch auf eine eigenthümliche Weise bei Holzkohlen dargestellt wird, verschwindet in der großen Masse der Gesammtproduktion und ist kaum noch als eine Ausnahme aufzuführen. Bei der Stabeisenbereitung findet in dem ganzen Reiche nur ein und dasselbe Verfahren statt, denn die Abweichungen sind nur mehr oder weniger unbedeutende Modificationen eines und desselben Prozesses. Hinsichtlich der Roheisenbereitung und des Betriebes der Hohöfen ist im Allgemeinen Folgendes zu bemerken. Erhitzte Gebläseluft wird allgemein in Schottland und in Derbyshire, aber nur theilweise in Staffordshire und Süd-Wales, außerdem zu Newcastle und an einigen anderen Orten angewen-

det, und giebt besonders dort sehr günstige Resultate, wo die Anwendung der Steinkohlen im rohen Zustande damit verbunden ist. In Staffordshire und Süd-Wales schreiten die Einrichtungen dazu langsam vor, theils weil man der Meinung ist, daß die Güte des Roheisens, welches für die Stabeisenbereitung verwendet werden soll, darunter leidet, theils weil die örtliche Lage der schon vorhandenen Oefen jene Einrichtungen erschwert, theils weil man die Kosten des Patentes gescheut hat. In Yorkshire und Shropshire, wo von jeher das beste Eisen in England dargestellt ward, wird noch mit kaltem Winde geblasen und das so dargestellte Roheisen dem bei heißem Winde erblasenen vorgezogen, auch theurer bezahlt als dieses. Die Anwendung von rohen Steinkohlen findet nur in Schottland (mit Ausnahme von Carron, wo zum Theil noch Koaks angewendet werden) und in Derbyshire allgemein statt. In Staffordshire werden erst einige Hohöfen damit betrieben und auch dort größtentheils nur im Gemenge mit Koaks. In Süd-Wales hingegen findet die Anwendung der rohen Steinkohlen, besonders gegen Westen hin, wo die Beschaffenheit der Kohle solche begünstigt, etwas mehr statt. Die Hütten zu Cyfarthfa und Plymouth bei Merthyr-Tydvil arbeiten jedoch fortwährend mit Koaks, während Dowlais und Penydarran angefangen haben in einigen Hohenöfen Steinkohlen anzuwenden. In den übrigen Gegenden Englands findet noch allgemein, oder doch mit seltenen Ausnahmen, die Anwendung der Koaks beim Hohofenbetriebe statt. Die Ursache liegt besonders darin, daß sich nur an wenigen Orten die Steinkohlen zur Anwendung im rohen Zustande eignen. Es ist dazu eine sehr reine Kohle erforderlich, die frei von Schwefelkies seyn muß und nur einen geringen Aschengehalt haben darf. Dabei muß sie mager und ganz besonders fest seyn, ohne sich zu zerkleinern, weil die kleinen Kohlen Versetzungen hervorbringen und dadurch unanwendbar werden. Alle diese Eigenschaften besitzen die Steinkohlen von Glas-

gow und Derbyshire in einem vorzüglichen Grade, und deshalb findet dort der Betrieb der Hohöfen nicht allein ohne Schwierigkeit statt, sondern die Güte des Roheisens soll auch wenig gelitten haben, während man an allen andern Orten in England, bei Anwendung der rohen Steinkohlen in den Hohöfen, außer den Schwierigkeiten beim Betriebe, hier und dort noch eine sehr bedeutende Abnahme in der Güte des Roheisens erfahren hat. Von sehr großer Wichtigkeit verspricht daher auch für Süd-Wales die Anwendung des sogenannten Anthracit beim Hohenofenbetriebe zu werden, indem die Gegend von Swansea außerordentlich reich an diesem vortrefflichen Brennmaterial ist. Diese sehr magere, und daher anthracitartige Steinkohle, kommt dort in vielen und mächtigen Flötzen vor und ist ungemein rein. Da die Anthracitflötze mit vielen Eisensteinflötzen wechseln, so wird die Eisenfabrikation in der Gegend von Swansea bald von großer Bedeutung werden. Hrn. Crane gebührt das Verdienst, dies Brennmaterial zuerst beim Hohofenbetriebe eingeführt zu haben.

Von der ungeheuren Quantität Roheisen, welche Großbritanien erzeugt, wird ein Theil zwar als Roheisen und ein anderer Theil in der Gestalt von Gußwaaren, in das Ausland geführt, indeß ist diese Ausfuhr, wenn auch an sich nicht unbeträchtlich, doch immer noch sehr unbedeutend im Vergleich zu dem eigenen Verbrauch. Im Jahr 1838 sind 48,554 Tonnen Roheisen und 14,942 Tonnen Gußwaaren in das Ausland gegangen. Deutschland, Holland und Belgien erhielten 17,000 Tonnen, Frankreich 11,400 Tonnen, Italien 1554 Tonnen, die Britisch-Nordamerikanischen Colonien 1544 Tonnen, Westindien 1856 Tonnen und die Vereinigten Staaten von Nordamerika 12,658 Tonnen Roheisen. Die Gußwaaren wurden nach Frankreich (499 T.), Deutschland (813 T.), Holland (610 T.), Belgien (234 T.), Italien (172 T.), Egypten (126 T.), Ostindien (1513 T.), Südsee-Inseln (416 T.), Neu-Süd-Wales

(330 T.), Britisch Amerika (1544 T.), Westindien (3374 T.), Vereinigte Staaten von Amerika (3461 T.), Brasilien (518 T.) u. s. f. abgesetzt.

Bringt man diese 63,000 Tonnen Roheisen und Gußwaaren, welche in das Ausland gegangen sind, von der ganzen Roheisenproduktion Britaniens in Abzug, so bleiben immer noch etwa 1½ Millionen Tonnen Roheisen, welche im Lande selbst, theils zu Gußwaaren verwendet, theils zu Stabeisen verarbeitet worden sind. Wahrscheinlich sind mehr als ⅓ von dieser Summe zu Gußwaaren angewendet worden, und es läßt sich daraus ein Begriff machen, von der außerordentlich ausgedehnten Anwendung, welche das Roheisen, in der Gestalt von Gußwaaren aller Art, in Großbritanien gefunden hat.

Die Stabeisenfabrikation Großbritaniens findet man (Mining Review. V. 187) folgendergestalt angegeben:

1827	sind	producirt	480,000	Tonnen
1830	—	—	500,000	—
1836	—	—	600,000	—
1839	—	—	670,000	—

Obgleich höchst bedeutende Quantitäten Stabeisen jährlich in das Ausland versendet werden, so wird doch bei weitem der größte Theil der oben angegebenen jährlichen Produktion im Lande selbst verwendet. Vergleicht man die Quantitäten Stabeisen, welche Britanien jährlich consumirt, mit den Erzeugnissen und dem Verbrauch in anderen Ländern, so wird es klar, daß das Eisen bei allen Bauausführungen der Stellvertreter des Holzes in England geworden seyn muß. Im Jahr 1838 sind aus den Britanischen Häfen 154,405 Tonnen Stabeisen in das Ausland gesendet, und England hat alle Welttheile mit Eisen versorgt oder den Ländern den noch erforderlichen Zuschuß zu ihrer eignen Produktion gewährt. Dennoch beträgt dieses große Quantum von Stabeisen kaum den vierten Theil von dem eigenen und inneren Bedarf. Rußland und Schweden sind jetzt die

einzigen Staaten in der Welt, welche kein Stabeisen aus England beziehen, vielmehr an England — zu einem bestimmten Zweck, nämlich für die Stahlbereitung, — jährlich noch eine Quantität Stabeisen absetzen. Die bedeutendsten Abnehmer des englischen Eisens sind für jetzt die Vereinigten Nordamerikanischen Staaten, welche in 1838 nicht weniger als 49,400 Tonnen erhalten haben; Dännemark bezog 9600 T.; Deutschland 11,300 T.; Holland 12,760 T.; Belgien nur 215 T.; Frankreich 2212 T.; Portugal 7600 T.; Spanien 912 T.; Italien 17,100 T.; Türkey 7600 T.; Egypten 690 T.; Afrika 2740 T.; Ostindien 8960 T.; Südsee-Inseln 1950 T.; China 202 T.; Australien 2190 T.; Britisch Amerika 5450 T.; Westindien 4300 T.; Mexico 177 T.; Columbien 55 T.; Brasilien 1880 T.; Chili 334 T.; Peru 437 T. u. s. f.

Noch bis zum Jahre 1794 bezog England etwas Stabeisen aus Spanien; jetzt werden aus Rußland und Schweden zusammen jährlich etwa 46,000 Tonnen zur Stahlfabrikation eingeführt, woran beide Länder ziemlich zu gleichen Theilen Antheil nehmen.

In Irland scheint die Eisenproduktion jetzt ganz zum Erliegen gekommen zu seyn. Vor einigen Jahren befanden sich in dem Lande 2 Hohöfen, die etwa 1200 Tonnen Roheisen lieferten.

Wenn auch die Industrie und der Unternehmungsgeist der Engländer sehr wesentlich gewirkt haben, um das Eisenhüttenwesen in England zu seiner jetzigen schwindelnden Höhe zu erheben; so darf man doch nicht vergessen, daß die natürlichen Verhältnisse des Landes ganz vorzüglich geeignet sind, das Gewerbe zu beleben und zu befördern. Kein Land ist von der Natur hinsichtlich des Materials, — der Erze und der Steinkohlen, — so begünstigt wie England, und keinem anderen Staate bietet sich eine so vortreffliche Gelegenheit zum Absatz der Erzeugnisse dar, wie eben jenem Lande.

Frankreich.

Nächst England ist Frankreich der Staat welcher am mehrsten Eisen producirt. Die Eisenfabrikation in den französischen Provinzen, in den äußersten östlichen sowohl, als in den äußersten westlichen, ist uralt. Das Bedürfniß des Landes hat durch die eigene Produktion bis jetzt noch nicht befriedigt werden können, obgleich das Gewerbe im ununterbrochenen Steigen begriffen ist So lange die französischen Hüttenbesitzer noch auf die Anwendung des Holzes und der Holzkohlen bei der Eisenfabrikation beschränkt waren, konnte sich diese zu einer, mit der Ausdehnung des Staates im Verhältniß stehenden Höhe, nicht erheben. Erst als man in Frankreich, nach dem Vorbilde in England, den Anfang machte, sich der Steinkohlen bei der Eisenbereitung zu bedienen, machte dieselbe bewundernswerthe Fortschritte. Schon zu Ende des vorigen Jahrhunderts versuchte man es, die Holzkohlen beim Hohofenbetriebe durch Koaks zu ersetzen, und die große Eisenhüttenanlage zu Creuzot bei Vienne ist dadurch entstanden. Die Beschaffenheit der Steinkohlen entsprach den Erwartungen damals nicht ganz, weshalb das Beispiel keine Nachahmung bei den Hüttenbesitzern fand, wozu auch die ununterbrochenen Kriege worin Frankreich von 1789—1815 verflochten war, mit beigetragen haben mögen. Später betrat man einen anderen Weg, mit dem glücklichsten Erfolge, indem man zuerst das Verfrischen des Roheisens in Flammenöfen bei Steinkohlen, in verschiedenen Departements eingeführt hat, und nun dahin gelangt ist, auch die Roheisenerzeugung bei Koaks dort einzuführen, wo die natürlichen Verhältnisse es gestatten. Die Einführung der Flammenofenfrischarbeit hatte einen größeren Verbrauch von Holz auf den Eisenhütten Frankreichs zur Folge, weil mit der vergrößerten Stabeisenfabrikation der Bedarf an Roheisen zunahm und die Holzkohlenöfen stärker betrieben wurden. Dieser zunehmende Mangel an Roheisen, dem durch die Holzkohlenöfen nicht mehr abgeholfen werden konnte, hat aber

gerade den für das Eisenhüttengewerbe Frankreichs sehr wohlthätigen Erfolg gehabt, daß dadurch die Anwendung der Koaks bei der Roheisenerzeugung befördert worden ist.

Wenn Frankreich auf der einen Seite vor England den Vortheil voraus hat, daß seinen Hüttenwerken noch Waldungen zur Disposition stehen, deren die englischen Hüttenwerke entbehren, so stehen die französischen Hüttenwerke doch gegen die englischen wieder in dem Nachtheil, daß die Eisenfabrikation nur in wenigen Departements durch die Anwendung von Steinkohlen unterstützt werden kann. Kanäle und Eisenbahnen sind zwar die auch in Frankreich in Anwendung gekommenen Mittel, den Steinkohlentransport von den Gruben zu den Hütten zu erleichtern; allein der Preis des Eisens stellt auch hier natürliche Gränzen, über welche hinaus die Versorgung der Hüttenwerke mit Steinkohlen nicht mehr erfolgen kann. Dadurch ist es veranlaßt, daß auf den verschiedenen französischen Eisenhütten ein sehr verschiedenartiger Hüttenbetrieb statt findet, welcher besonders durch die Beschaffenheit des Brennmaterials bedingt wird, worauf die Hütten, zufolge jener natürlichen Verhältnisse, angewiesen sind. Auf einigen Hüttenwerken hat man den uralten Betrieb beibehalten, und stellt, durch die Luppenfrischarbeit, Stabeisen aus den Erzen unmittelbar bei Holzkohlen dar. Auf anderen Hüttenwerken erzeugt man Roheisen bei Holzkohlen in Hohöfen und bedient sich der gewöhnlichen Heerdfrischerei bei Holzkohlen, um das Roheisen zu Stabeisen zu verarbeiten. Auf noch anderen Hütten wird das Roheisen bei Holzkohlen erzeugt, die Frischarbeit aber theils in Heerden bei Holzkohlen, theils in Flammenöfen bei Steinkohlen verrichtet. Andere Hüttenwerke wenden einen Zusatz von Koaks zu den Holzkohlen beim Betriebe der Oefen an und der Verfrischungsprozeß erfolgt in Flammenöfen. In größerer Nähe der Steinkohlengruben hat man ganz die englische Hüttenwirthschaft eingeführt. Theilt man, nach dem Zustande des Betriebsverfahrens, die fran-

zösischen Hüttenwerke in verschiedene Gruppen, so erhält man dadurch zwar ein allgemeines Bild von den technischen, — im Allgemeinen durch die Beschaffenheit des Brennmaterials bedingten, — Verhältnissen, welche auf den zu einer jeden Gruppe gehörigen Hüttenwerken angetroffen werden; allein es leuchtet vonselbst ein, daß noch viele andere Verhältnisse einwirken können, aus welchen sich das Betriebsverfahren auf dem einen Hüttenwerk anders als auf einem anderen, zu derselben Gruppe gehörenden, gestaltet hat, so wie auch daß der augenblickliche Charakter der Klassen und Gruppen sich jährlich mehr verändern und in einander fließen wird.

Von keinem Staat besitzen wir so specielle statistische Uebersichten von dem Eisenhüttengewerbe, als von Frankreich. Die französische Bergwerks-Administration ist, besonders seit dem Jahre 1834, rühmlichst bemüht gewesen, die Nachrichten im ganzen Staate zu sammeln und übersichtlich zusammen zu tragen. Um diese Uebersicht zu erreichen, sind die sämmtlichen Eisenwerke in Frankreich in 4 Klassen und in 12 Gruppen eingetheilt, nach den Fabrikationsmethoden und nach der geographischen Lage. Die Hauptabtheilungen (Klassen) beziehen sich auf die Beschaffenheit des Brennmaterials, welches verwendet wird. In der ersten Klasse werden bei der Roheisen- und Stabeisen-Erzeugung nur Holzkohlen angewendet. In der zweiten Klasse gleichzeitig oder abwechselnd neben den Holzkohlen auch andere Brennmaterialien. In der dritten Klasse nur mineralische Brennmaterialien. In der vierten Klasse wird aus den Erzen unmittelbar Schmiedeeisen oder Stahl, und nur mit Anwendung von Holzkohlen erzeugt. Hiernach stellt sich der allgemeine Charakter der vier Klassen von Eisenwerken in folgender Art dar:

I. Klasse. Roheisen- und Stabeisen-Erzeugung bei Holzkohlen allein.

Der Hohofenbetrieb mit Holzkohlen.

Bei der Stabeisenbereitung die Umänderung des Roheisens in unförmliche Massen von Frischeisen, oder Luppen (Massiaux).
- in einer Operation, die Anfertigung und Ausschmiedung der Luppen.
  - in einem Heerde (Methode v. Comté)
  - in zwei verschiedenen Heerden (Wallonenfrischerei).
- in zwei verschiedenen auf einander folgenden Operationen.
  - Immer in einem Heerde (Bergamaskische Methode).
  - Gewöhnlich in zwei verschiedenen Heerden (Methode von Nivernais u. Berri).

II. Klasse. Roheisen- und Stabeisen-Erzeugung ganz, oder theilweise, durch gleichzeitige oder abwechselnde Anwendung von Holzkohlen und anderen Brennmaterialien (Steinkohlen, Koaks, Torf, Holz).

Der Hohofenbetrieb mit Holzkohlen, seltener mit darunter gemengten Koaks.

Umänderung des Roheisens in Luppen in Puddlings- (Flammen-) Oefen, ohne vorheriges Weißmachen (Mazéage).
- Schweißen und Strecken unter dem Hammer und in Wärmfeuern mit Steinkohlen (Methode der Champagne).
- Schweißen u. Strecken durch Walzwerke u. in Schweiß- (Flammen-) Oefen (Veränderte Methode der Champagne).

Umänderung des Roheisens in Luppen mit Holzkohlen, Strecken der Luppen mit Steinkohlen, theils unter dem Hammer, theils durch Walzwerke (Veränderte Wallonenfrischerei).

III. Klasse. Roheisen- und Stabeisen-Erzeugung ausschließlich mit mineralischem Brennmaterial.

Der Hohofenbetrieb mit Koaks, oder gemengt mit rohen Steinkohlen.

Frischerei. Weißen des Roheisens mit Koaks. Puddeln des Weißeisens (Fine-métal), Umänderung der Luppen in Walzeisen durch Schweißöfen in einer Operation, seltener in zwei getrennten Operationen (Englische Methode). Der einzige Unterschied gegen die in England allgemein befolgte Methode besteht darin, daß gleichzeitig mit dem fine-métal auch Holzkohlen-Roheisen ohne vorheriges Weißen verarbeitet wird.

IV. Klasse. Unmittelbare Stabeisen-Erzeugung durch die ausschließliche Anwendung von Holzkohlen.

Unmittelbare Erzeugung von hammerbarem Eisen aus den Erzen, in Luppenfeuern mit Holzkohlen. Strecken unter dem Hammer und Wärmen in demselben Heerde (Catalonische und Corsicanische Methode).

Die für das Jahr 1836 bekannt gemachte statistische Uebersicht giebt folgende detaillirte Nachweisungen.

I. Klasse. Roheisen- und Stabeisen-Erzeugung bei Holzkohlen allein.

1. Oestliche Gruppe. Besteht aus 148 Hüttenwerken, wobei 88 Hohöfen, die mit Holzkohlen betrieben werden. Diese Gruppe umfaßt die Departements Haute-Saône, Doubs, Jura, Haut-Rhin, Meurthe, Côte d'or, Vosges und zwei Werke am südlichen Rande des Departements Haute-Marne.

Nur auf zwei Werken wird die Methode der Champagne angewendet. Die Steinkohlen von der Loire und Saône-Loire können auf der Saône und auf dem Rhone-Rhein-Kanal sehr leicht nach dieser Gruppe gebracht werden, und es ist daher wahrscheinlich, daß die Methode der Champagne hier größere Ausdehnung erhalten wird. Die Erze und das Roheisen werden in dieser Gruppe selbst gewonnen. Die in dem Departement Haute-Saône gelegenen Gruben und Gräbereien sind unerschöpflich. Der größte Theil dieser Erze liefert vortreffliches Eisen, sowohl zu Gußwaaren als zu Stabeisen. Auf der Saône und dem Centrum-Kanal werden Erze und Roheisen nach der

8ten und 9ten Gruppe ausgeführt. Die Holzkohlen kommen aus den Wäldern in dieser Gruppe selbst und der Umgegend.

Haute-Saône. Bei mehren Hohöfen wird heißer Wind angewendet. Die Hüttenwerke von Cendrecourt, Estravaux, Belleron und andere bedienen sich eines Gemenges von Holzkohle und rohem oder halbverkohltem Holz beim Betriebe der Oefen. Auf den Eisenhütten Echalonge, Montureux, Vallay, Mailleroncourt werden die Gebläse mit Dampfmaschinen betrieben, bei welchen die Kesselfeuerung durch die Gichtenflamme bewirkt wird. Auch bei den Frischfeuern wendet man häufig erhitzten Wind an, und auf einigen Frischhütten hat man die Hälfte der Holzkohlen durch getrocknetes Holz ersetzt.

Doubs. Auf mehren Frischhütten hat man mit günstigem Erfolge die verloren gehende Hitze zu verschiedenen Zwecken anzuwenden gesucht. Die Gichtenflamme bei den Hohöfen wird größtentheils zur Erhitzung des Windes angewendet.

Jura. Die Hüttenwerke Montaine, Rans, Fraisans u. a., so wie die Frischhütten Pont-du-Navois, Boisset, Rans, Fraisans u. a., bedienen sich des erhitzten Windes.

Vogesen. Auf den Hütten Framont und Grand-Fontaine ist erhitzter Wind bei den Hohöfen eingeführt. Zu La Hutte wird Rohstahl aus Roheisen von Haute-Saône bereitet.

Haut-Rhin. Auf der Hütte Massevaux bedient man sich der Gichtenflamme zum Erzrösten und zur Erhitzung des Windes. Auf den Frischhütten zu Oberbruck wendet man heißen Wind an und ersetzt die Hälfte der Holzkohlen durch getrocknetes Holz.

Meurthe. Die Eisenproduktion scheint in diesem Departement im Abnehmen zu seyn.

Côte d'or. Bei dem Hohofen zu Brazey wird ein Theil der Holzkohle durch Holz ersetzt, welches vermittelst der Gichtenflamme in einen halbverkohlten Zustand versetzt worden ist.

2. Nordwestliche Gruppe. Besteht aus 59 Hütten-

werken mit 59 Hohöfen. Sie liegen in den Departements Eure, Orne, Mayenne, Morbihan, Sarthe, Loire-Inférieure, Côtes du Nord, Eure und Loire, Ille und Vilaine, Manche, Loire und Cher, Maine und Loire. Auf einem Werke hat man versuchsweise Koaks beim Hohofenbetriebe angewendet, aber ohne pecuniären Vortheil. Wallonenfrischerei ist nebst der Methode der Normandie oder Bretagne im Gebrauch. Die Methode von Comté wird nur auf wenigen Werken angewendet. Von zwei Puddlingswerken in der Nähe des Meeres ist nur eins im Betrieb und gebraucht englische Steinkohlen. Das Roheisen wird bei Koaks geweißt. Erz und Roheisen werden in der Gruppe selbst gewonnen, Holzkohlen aus den nahe liegenden Waldungen entnommen und Steinkohlen aus England und Belgien eingeführt. Nur eine geringe Quantität von Roheisen geht zu den Hämmern der 10ten und 11ten Gruppe.

Orne. Die Anwendung des unverkohlten Holzes bei dem Hohofen zu Rainville ist ohne Erfolg geblieben und hat daher wieder aufgehört.

Mayenne. Statt der Balgengebläse werden jetzt überall Kastengebläse eingeführt.

Ille und Vilaine. Zu Paimpont, hat man bei der Wallonenfrischarbeit die Abänderung getroffen, daß das Ausheitzen nicht mehr im Heerde bei Holzkohlen, sondern im Flammenofen bei Steinkohlen vorgenommen wird. Der hohe Preis der letzteren verspricht hier indeß keinen günstigen Fortgang.

3. Gruppe der Indre. Es befinden sich darin 21 Hüttenwerke mit 20 Hohöfen, in den Departements Indre, Vienne, Indre und Loire, Deux-Sèvres, und in dem nördlichen Theil der Haute-Vienne. Die Wallonenfrischerei, unter dem Namen der alten Methode von Berri bekannt, ist ganz aufgegeben und durch die Methode von Comté ersetzt worden, was um so mehr auffällt, als jene in der vorher genannten Gruppe noch in einer allgemeinen Anwendung steht. Ein Werk folgt der Methode von

Nivernais, die in der benachbarten Gruppe des Centrums so sehr allgemein ist. Nur in dem Departement Indre ist zu bemerken, daß zu Boissy eine neue Hohofenanlage gemacht worden ist, wobei ein eisernes Cylindergebläse vorgerichtet worden. Dies verdient Erwähnung, weil in den Holzkohlengruppen wenig erhebliche Verbesserungen statt gefunden haben.

4. Gruppe von Périgord. Sie umfaßt 115 Hüttenwerke, mit 62 Hohöfen (und 5 Katalonischen Heerden), in den Departements der Dordogne, Charente, Tarn und Garonne, Corrèze, Lot, so wie im südlichen Theile der Haute-Vienne und nordöstlichen Theile der Lot und Garonne. Die Methode von Comté wird überall angewendet, mit Ausnahme eines Hüttenwerkes, wo die Champagner Methode mit Hülfe fremder Steinkohlen eingeführt worden ist. Die Erze bilden an einigen Punkten dieser Gruppe unerschöpfliche Ablagerungen. Steinkohlen werden aus England, Belgien und aus den kleinen Kohlen-Revieren der Dordogne und Corrèze bezogen. Das Eisen ist im allgemeinen von vorzüglicher Güte. Die Hüttenanlagen in der ganzen Gruppe bieten nichts Bemerkenswerthes dar.

5. Südöstliche Gruppe. Es befinden sich darin 39 Hüttenwerke, mit 9 Hohöfen, in den Departements Isère, Drome und Vaucluse. Ein Werk im Departement Isère, an der Rhone gelegen, gehört der 11ten Gruppe an. In dieser Gruppe wird vorzugsweise Rohstahl bereitet. Das Material dazu, oder das Rohstahleisen, erbläst man aus Spatheisenstein. Nach der Methode von Comté, — welche die Bergamaskische von allen Hüttenwerken, mit einer einzigen Ausnahme, verdrängt hat, — wird die Stabeisenbereitung vorgenommen. Die Methode die man bei der Rohstahlbereitung anwendet, wird, nach dem Hauptsitz des Gewerbes, die Methode von Rives genannt. Holzkohlen werden, außer aus den Waldungen in der Gruppe selbst, von benachbarten Gegenden bezogen. Eine kleine Quantität Rohstahleisen bezieht man aus Savoyen, wo ähnliche Erze wie im De-

partement Isère verarbeitet werden. Man hat in der neuesten Zeit auf den Stahlhüttenwerken im Departement Isère den Versuch gemacht, das ältere Verfahren abzuändern. Dieses besteht darin, daß in einem und demselben Heerde das Verfrischen des Rohstahleisens zu Rohstahl, und das Ausheizen und Ausschmieden des Rohstahls zu Stäben vorgenommen werden. Diese doppelte Operation kostet viel Zeit und Brennmaterial, weshalb das Ausschmieden in einem besonderen Heerde bei Steinkohlen versucht ward. Ein solches Verfahren wird jetzt zu Rives, zu Trellins und zu Domène angewendet, und zwar mit einem technisch günstigen, aber ökonomisch eben nicht erheblichem Erfolg. Der Vortheil besteht eigentlich nur in der Zeitersparung, also in der Verstärkung der Produktion, so wie darin, daß die zum Schmiedeprozeß erforderlichen Holzkohlen erspart und durch Steinkohlen ersetzt werden, welcher Vortheil indeß durch den Nachtheil wieder aufgewogen wird, den der stärkere Eisenabgang bei der neuen Verfahrungsweise herbeiführt.

II. Klasse. Roheisen- und Stabeisen-Erzeugung ganz oder theilweise durch den gleichzeitigen oder abwechselnden Gebrauch von Holzkohlen und anderen Brennmaterialien.

6. Nordöstliche Gruppe. Sie ist von großer Wichtigkeit und umfaßt 94 Hüttenwerke, mit 55 Holzkohlenöfen und 4 Hohöfen, bei welchen abwechselnd Holzkohlen und Koaks angewendet werden, in den Departements Ardennen, Mosel, Bas-Rhin, Aisne, im nördlichen Theil des Departements Meuse und im südlichen Theil des Nord-Departements. Bei dem Frischfeuerbetriebe wird theils die Methode von Comté, theils die der Champagne, rein oder mit Abänderungen, angewendet, welche daraus hervorgehen, daß, mit ziemlich gleichen Vortheilen, Holzkohlen und Steinkohlen angewendet werden können. Bei dieser verschiedenartigen Methode werden alle Arten von Eisen, von dem besten und haltbarsten bis zu dem gewöhnlichen Nageleisen erzeugt. Die Erze kommen in der Gruppe selbst, an mehren

Punkten, in großer Menge vor. Holzkohlen-Roheisen wird noch aus Belgien eingeführt, indem es von sehr guter Beschaffenheit ist. Die Holzkohlen bezieht man aus den Belgischen Forsten in den Provinzen Hainaut, Namur, Luxemburg und aus den Gegenden der Ourte und Lesse. Steinkohlen und Koaks werden von Saarbrücken auf der Saar und Mosel, so wie aus Charleroi und Lüttich auf der Maas, Sambre und auf dem Ardenner Kanal bezogen.

Ardennen. Auf dem Hüttenwerke Bièvres sind die ersten Versuche mit Anwendung von halbverkohltem Holz bei dem Betriebe der Hohöfen gemacht, welches Verfahren sich bald weiter verbreitet hat. Im Departement der Ardennen findet diese Anwendung, außer zu Bièvres, noch auf den Hüttenwerken Heraucourt, Vendresse, Mazures, Saint-Nicolas, Linchamp statt.

Mosel. Hier sind die ausgezeichneten Hüttenwerke von Hayange, Moyeuvre und Jamailles zu nennen.

Meuse. Auf den Hüttenwerken zu Montblainville, Stenay und Chauvency wird bei dem Hohofenbetriebe halbverkohltes Holz angewendet.

7. Gruppe der Champagne und Bourgogne. Es befinden sich darin 152 Hüttenwerke, mit 121 Hohöfen, in den Departements Haute-Marne (mit Ausnahme von 2 Hüttenwerken, welche der ersten Gruppe angehören), im südwestlichen Theil des Departements Côte d'or, im Bassin der Seine und ihrer Zuflüsse, im südlichen Theile des Depart. der Maas, im nordwestlichen des Vogesen-Depart. und im Depart. Yonne und Marne. In dieser Gruppe hat sich besonders die Methode der Champagne unter Anwendung von Steinkohlen, welche sämmtlich aus französischen, aber ziemlich entfernt liegenden Gruben dorthin gelangen, ausgebildet. Diese Methode verdrängt die von Comté immer mehr und mehr. Der Erfolg wird unbezweifelt darin bestehen, daß die Holzkohlen mehr dem Betriebe der Hohöfen zugewendet bleiben und die Steinkohlen mehr bei der Erzeugung

bunden. Man hat daher einen anderen Prozeß zur Weißeisenbereitung zu Creusot eingeführt, indem man die Operation in Flammenöfen (welche dort Kochöfen, fours bouillans, genannt werden) verrichtet. Bei der Puddlingsarbeit mit ungeweißtem Roheisen erhielt man ein, zwar nicht kaltbrüchiges, aber rothbrüchiges Stabeisen. Das neue Verfahren ist eine Modifikation desjenigen wobei man ungeweißtes Roheisen mit einem Gemenge von Kochsalz, Braunstein und Thon behandelt, eines Verfahrens, welches, seit 1836, auf mehren Hüttenwerken zu Shropshire und Staffordshire mit dem günstigsten Erfolge angewendet und jetzt auf vielen anderen Werken in Britannien eingeführt worden ist. Dieses, nach ihrem Erfinder so genannte Schafhäutlsche Verfahren besteht darin, daß das ungeweißte Roheisen im Puddlingofen schnell eingeschmolzen und mit Substanzen die reich an oxydirtem Eisen sind, umgerührt wird. Hammerschlag, Abfälle bei dem Hämmern, Schlacken aus den Schweißöfen, auch reiche und von erdigen Beimengungen freie Eisenerze, lassen sich zu diesem Zweck gut anwenden. — Zu Verdrat benutzt man, bei der Schwarzblechbereitung, die bei den Frischheerden nach der Methode von Comté verloren gehende Hitze zur Erhitzung kleiner Glühöfen, in denen das Materialeisen und die Blechstürze gewärmt werden.

Cher. Der größte Theil der im Thale von Aubois liegenden Hohöfen wird mit einem Gemenge von Holzkohlen und Koaks betrieben.

Allier. Das Hüttenwerk zu Tronçais hat in diesem Departement das erste Beispiel gegeben, die nach der Methode von Comté erhaltenen Luppenstücke, in Schweißöfen bei Steinkohlen zu erhitzen, unter Walzwerken zu Stäben auszuziehen und dabei die bei den Flammenöfen sonst verloren gehende Hitze zur Kesselfeuerung bei den Dampfmaschinen anzuwenden.

9. Südwestliche Gruppe. Darin befinden sich 21 Hüttenwerke, mit 16 Holzkohlenhohöfen (und 1 Katalonisches Feuer)

in den Departements des Landes, Gironde, Lot und Garonne, und Nieder-Pyrenäen. Bei der Stabeisen-Erzeugung wird theils die Methode von Comté angewendet, theils werden Holz und Torf zum Betriebe der Puddlings- und der Schweißöfen benutzt. Mangel an Eisenerzen beschränkt die Eisenerzeugung in dieser Gruppe; vielleicht wird man diesem Mangel in der Folge durch die Einfuhr von Erzen aus Biscaya abhelfen. Das Holz erfolgt theils von der sandigen Küstenstrecke zu einem niedrigen Preise, theils aus den Pyrenäen zu einem höheren Preise, und selbst aus Spanischen Forsten.

III. Klasse. Roheisen- und Stabeisen-Erzeugung ausschließlich mit mineralischen Brennmaterialien, nämlich mit Steinkohlen und Koaks.

10. Gruppe der nördlichen Steinkohlen-Reviere, mit 7 Hüttenwerken, wobei 2 Koakshohöfen, in den Departements du Nord, Pas-de-Calais und Oise. Englischer Puddlingsfrischprozeß, doch werden auch Holzkohlen-Roheisen, welches seewärts aus der zweiten Gruppe bezogen wird, und altes Eisenwerk, mit Steinkohlen gefrischt und unter Hämmern oder Walzen ausgestreckt. Diese Gruppe bildet nur einen Theil derjenigen Eisenerzeugung, welche, seit anderthalb Decennien, in der Gegend von Charleroi in Belgien eine ganz außerordentliche Entwicklung zeigt. Sie ist großer Ausdehnung fähig, indem erst kürzlich ausgedehnte Lagerstätten von Eisenerzen aufgefunden worden sind. Die Steinkohlen werden theils von den benachbarten Französischen Gruben, theils aus Belgien bezogen. Im Departement du Nord wurden die beiden großen Hüttenanlagen zu Denain und Anzin, welche ganz nach englischer Art eingerichtet sind, im Jahr 1835 in Betrieb gesetzt. Es sind jedoch für das Arrondissement Avesnes schon 10 neue Koakshohöfen und 1 Holzkohlenhohofen zum Bau angemeldet worden. — Im Departement Oise hat man Puddlingsöfen mit zwei einander entgegen stehenden Arbeitsöffnungen eingerichtet, welche 12 mal

in 24 Stunden besetzt werden und wobei jeder Einsatz aus 3 metrischen Ct. Roheisen besteht. Die Behandlung der Luppenstücke im Schweißofen ist auch nicht die gewöhnliche, indem immer zwei Schweißhitzen, jedoch in anderer Art wie sonst, gegeben werden. Das ausgeschweißte Paquet wird nämlich nur theilweise ausgezogen und in der Rothglühhitze wieder in den Schweißofen zurückgegeben, worin es nur kurze Zeit liegen bleibt und dann völlig ausgestreckt wird. Auf diese Weise erspart man die vollständige doppelte Schweißhitze, wie sie nach dem englischen Verfahren statt finden muß, wenn gutes Eisen bereitet werden soll, und ist dennoch im Stande, die Güte des Eisens wesentlich zu verbessern. Das alte Eisen wird vor der Verarbeitung in Tonnen mit horizontal liegenden Achsen gedreht, um es vom Rost zu befreien, ehe es zu Paqueten zusammen gelegt wird.

11. Gruppe der südlichen Steinkohlen-Reviere: Darin befinden sich 15 Hüttenanlagen mit 22 Koakshohöfen, in den Departements Loire, Aveyron, Ardèche, Gard, Rhône und Isère, welche auf der ununterbrochenen Reihe von Kohlen-Revieren, am Fuße der Berge der Auvergne liegen. Die Fabrikationsmethoden sind auf diesen Werken alle gleich und stimmen mit den Englischen überein. Die Hütten im Departement der Loire beziehen Holzkohlen-Roheisen aus anderen Gruppen und verarbeiten dasselbe gleichzeitig mit ihrem eigenen Roheisen zu besseren Stabeisensorten. Zwar haben auch an dem östlichen und westlichen Ende der 8ten Gruppe, in der Nähe der Steinkohlengruben und an großen schiffbaren Linien, welche die Herbeischaffung der Erze erleichtern, die englischen Methoden der Eisenfabrikation Eingang gefunden, aber die übrigen Verhältnisse sind der weiteren Verbreitung dieser Anlagen nicht günstig.

Aveyron. Man hat auf einigen Hütten in diesem Departement das in 1834 zu Gournier (Gard) ausgeführte Verfahren, die Gebläseluft durch das Hindurchstreichen zwischen bren-

nenden Kohlen zu erhitzen, mit einem ziemlich günstigen, wenigstens mit einem besseren Erfolge als zu Gournier selbst, in Anwendung gebracht. Auch hat man rohe Steinkohlen beim Betriebe der Hohöfen anzuwenden gesucht. Eine Ersparung an Brennmaterial trat wirklich ein, aber das Roheisen war so schlecht, daß es beim Verfrischen im Puddlingsofen sich ganz unbrauchbar zeigte, so lange man kalten Wind anwendete. Deshalb ist man bei der Anwendung der Koaks geblieben und hat die Ersparung an Brennmaterial durch die Benutzung des erhitzten Windes, mit Erfolg zu bewerkstelligen gesucht.

Ardèche. Das Hüttenwerk zu La Voulte ist das einzige in diesem Departement, aber zugleich ausgezeichnet in der Anlage und in der Betriebsführung.

IV. Klasse. Unmittelbare Erzeugung von Stabeisen aus den Erzen, ausschließlich bei Holzkohlen (Katalonische und Corsicanische Methode).

12. Gruppe der Pyreneen, worin 99 Hüttenwerke mit 117 Katalonischen Heerden, in den Departements Ariège, Ostpyreneen, Aude, Ober-Garonne, Tarn, Nieder-Pyreneen, Ober-Pyreneen und Gard. In dieser ganzen Gruppe befindet sich kein einziger Hohofen, sondern nur Katalonische Luppenfeuer, welche aus allen anderen Theilen von Frankreich verschwunden sind und nur noch einzeln in Périgord existiren, aber auch hier mehr und mehr eingehen. Auch im Depart. Gard ist nur noch ein solches Luppenfeuer zu Peyregrosse. Die Erze von großer Reinheit werden von den Gruben in den Departements Ariège, Aude und Ost-Pyreneen geliefert. Im Depart. Ariège hat sich die Anzahl der Luppenfeuer noch in der neuesten Zeit beträchtlich vermehrt. Hier und dort hat man angefangen, die beim Betriebe der Luppenfeuer verloren gehende Hitze zum Rösten der Erze anzuwenden. Zu Camponie in dem Depart. Ost-Pyreneen hat man zwei Luppenheerde gegen einander gestellt und einen Apparat zur Erhitzung des Windes aus den Wassertrom-

men zwischen beiden Heerden aufgerichtet, indeß ist man durch den ungünstigen Erfolg von weiteren Versuchen abgeschreckt.

12 a. Gruppe von Corsica, früher von großer Wichtigkeit, fabricirte im Jahr 1836 nur noch 1190 metrische Centner Stabeisen auf der Ostseite der Insel. Der Betrieb ist nicht so vollkommen als in den Pyreneen. Die Erze werden einzig und allein von der Insel Elba herbeigeführt, die Holzkohlen aber aus der Umgegend der Werke entnommen. Ob die gesetzliche Bestimmung vom Jahr 1836, nach welcher das Corsicanische Eisen abgabenfrei nach Frankreich eingeführt werden darf, dem Gewerbe wieder einigen Schwung geben wird, ist fast zu bezweifeln.

Im Jahr 1836 befanden sich in diesen 12 Gruppen die hier speciell aufgeführten Anlagen. Die angegebene Größe der Produktion ist in metrischen Centnern (1 metr. Ct. = 213,8 Preuß. Pfunde = 1,943 Pr. Ct.) ausgedrückt.

	activ	inactiv	zusammen
Holzkohlen-Hohöfen	419	69	488
Koaks-Hohöfen	20	9	29
Hohöfen, welche Holzkohlen und Koaks im Gemenge anwenden	5	—	5
	444	78	522
Luppenfeuer	103	19	122
Frischfeuer (Methode von Comté)	763	186	949
Wallonische Frischmethode.			
Frischheerde	86	5	91
Streckheerde	46	1	47
Methode von Nivernais und Bergamaskische Methode.			
Vorbereitungsfeuer (foyers de mazéage)	22	7	29
Frischheerde	35	19	54
Methode der Champagne.			
Puddlingsöfen	126	22	148

	activ	inactiv	zusammen
Schweißöfen	117	21	138
Englische Methode.			
Feineisenfeuer	18	7	25
Puddlingsöfen	93	26	119
Schweißöfen	43	6	49
Rohstahlfeuer.			
Vorbereitungsfeuer	26	5	31
Stahlfrischheerde	77	17	94

Die im Jahr 1837 producirten Eisenquantitäten waren folgende:

A. Roheisen.	Roheisen	Gußwaare aus den Hohöfen	Summe von beiden
Bei Holzkohlen erblasen	2232503	387550	2620053
— Koaks —	361489	21471	382960
— einem Gemenge von Holzkohlen und Koaks	69937	10680	80617
	2663929	419701	3083630

B. Stabeisen.

Durch die Katalonische Luppenfrischarbeit	97,738 m. C.
— — Methode von Comté	897,601 —
— — Wallonenfrischerei	99,503 —
— — Methode von Nivernais u. Bergamo	11,934 —
— — Methode der Champagne	443,716 —
— — Englische Methode	497,123 —
zusammen	2,047,615 m. C.

C. Rohstahl 27,648 metrische Centner.

D. Cementstahl 21,617 m. C.

E. Gußstahl 3932 m. C.

F. Band- und Feineisen 219,931 m. C.

G. Schneideeisen 383,936 m. C.

H. Eisendrath 119,109 m. C.

I. Schwarzblech 201,102 m. C.

K. Weißblech 42,263 m. C.

Außerdem sind auf den Gießereien im Jahr 1836 in 132 Flammenöfen (von denen jedoch nur 100 activ) und in 278 Kupolöfen (von denen aber nur 238 activ waren) 315,062 metr. Ct. Gußwaaren, durch Umschmelzen von Roheisen dargestellt, so daß in Frankreich in jenem Jahr 419701 + 315062 = 734763 m. C. Gußwaaren angefertigt worden sind.

Im Jahr 1826 ward die Größe der Roheisenproduktion in Frankreich zu 1,739,269 metr. Cent. angegeben, so daß sie sich in einem Zeitraum von 10 Jahren beinahe verdoppelt hat. In einem nicht ganz so beträchtlichen Verhältniß ist die Stabeisenfabrikation gestiegen, welche im Jahr 1817, also 20 Jahre früher, nach Cordier 1,174,726 metr. Ct. betragen haben soll.

Zu den angegebenen Produktionsquantitäten von Roheisen und Stabeisen haben die 12 Gruppen in folgenden Verhältnissen beigetragen:

	Produkte aus den Hohöfen	Stabeisen
1. Gruppe	555,704	293,398
2. —	241,173	113,516
3. —	59,118	29,146
4. —	151,194	92,026
5. —	20,523	2865
6. —	469,375	309,143
7. —	827,400	429,535
8. —	375,558	274,407
9. —	72,262	37,293
10. —	22,601	93,278
11. —	288,722	276,905
12. —	—	94,913
12 a. —	—	1190
	3,083,630	2,047,615.

Ungeachtet die Eisenproduktion in Frankreich bedeutend im Steigen begriffen und die inländische Fabrikation durch hohe Ein-

fuhrzölle, mit denen das fremde Eisen belegt wird, geschützt ist, so kann der Bedarf des Landes doch nicht durch die eigene Fabrikation herbeigeschafft werden, weshalb Frankreich jährlich noch sehr bedeutende Quantitäten an Roheisen, Stabeisen und Stahl vom Auslande einführt. Zu einer allgemeinen Uebersicht der Quantitäten, welche Frankreich noch als Zuschuß bedarf, und der Länder aus welchen es denselben bezieht, mögen die Resultate des Eisenhandels im Jahr 1836 hier aufgeführt werden. Die eingeführten Quantitäten sind in metrischen Centnern ausgedrückt:

	Roheisen	Stabeisen	Stahl
Aus Großbritanien	103673	23920	3887
— Belgien und Holland . . .	93036	103	2289
— Schweden	13	41857	12
— Rußland	—	4376	—
— Preußen	8511	1531	3485
— Deutschland	7258	5156	1709
— der Schweiz	—	31	770
— den Sardinischen Staaten (Savoyen)	4222	8308	572
— Spanien	—	4488	—
— anderen Ländern	2885	2534	4257
zusammen . .	219598	92304	16981

Die Roheisenfabrikation in Frankreich würde daher noch sehr bedeutend verstärkt werden müssen, wenn sie den wirklichen Bedarf des Landes decken sollte. Da sich überhaupt mit Zuverlässigkeit voraussetzen läßt, daß der Verbrauch an Eisen in dem französischen Staate noch immer im Zunehmen begriffen ist, so findet das Eisenhüttengewerbe dort auch noch einen großen Spielraum zu einer ausgedehnten Entwickelung, wenn auch einige Provinzen, in welchen den natürlichen Verhältnissen nach keine Eisenerzeugung statt findet, wegen ihrer geographischen Lage vielleicht wohlfeiler und besser mit fremdem als mit inländischem Eisen versorgt werden können.

Für das Jahr 1837 hat die Produktion von Roheisen und von Gußwaaren die unmittelbar aus den Hohöfen erfolgten, 3,316,780 metr. Ct., also 233,150 m. Ct. mehr als in 1836 betragen, und an Stabeisen sind 2,246,130 metr. Ct., also 198,515 m. Ct. mehr als in 1836 bereitet worden.

Im Jahr 1838 lieferten die Hohöfen 3,477,766 m. Ct. Roheisen und Gußwaaren, und an Stabeisen wurden 2,241,957 m. Ct. dargestellt.

Die Roheisenerzeugung ist daher in der That im Fortschreiten begriffen, wogegen die Stabeisenfabrikation stationär geworden zu seyn scheint. Das Mißverhältniß in der Erzeugung zwischen Roheisen und Stabeisen wird sich daher wahrscheinlich bald ausgleichen, auch darf nicht unbemerkt bleiben, daß von den vorhin angegebenen Quantitäten Roheisen und Stabeisen, welche Frankreich aus dem Auslande bezieht, ein Theil wieder zur Exportation, seewärts, bestimmt ist.

Spanien.

Schon in alten Zeiten stand Spanien wegen der vortrefflichen Beschaffenheit seines Eisens in großem Ruf, den es besonders der Verarbeitung dieses Metalles zu Waffen zu verdanken hat. In der Größe und Ausdehnung der Produktion hat sich Spanien niemals ausgezeichnet, denn bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts hat sich die Eisenfabrikation in keinem Staate zu einer großen Bedeutsamkeit erhoben, und am wenigsten in Spanien, welches, nach der Vertreibung der Mauren, seine Thätigkeit mehr nach außen entwickelte und der Belebung der inneren Industrie niemals eine große Aufmerksamkeit zugewendet hat. In der neuesten Zeit, wo das Vorbild anderer Staaten auch in Spanien einen Anklang finden mußte, ist dies Land von einer Reihe von Revolutionen heimgesucht worden, welche nicht, wie es in anderen Ländern wohl geschehen ist, der Entwickelung seiner Industrie förderlich waren. Eine, verhältnißmäßig zu den

Forderungen jener Zeiten, sehr blühende Periode hat die Eisenfabrikation in Spanien unter der Herrschaft der Römer gehabt. Die Verwaltung des Landes durch die Gothen und Mauren war nicht geeignet, das Gewerbe zu heben, und auch jetzt noch sind das nördliche und östliche Spanien fast nur im Besitz der früher erworbenen Gewerbsamkeit geblieben. Mit höchst wenigen und sehr sparsamen Ausnahmen, hat man die alte Fabrikationsmethode in den Katalonischen und Biscayischen Luppenfeuern beibehalten. Erst in der neuesten Zeit sind einige Versuche gemacht, die Hohöfen und einen anderen Frischprozeß als die Luppenfeuerarbeit einzuführen, jedoch mit unbedeutendem Erfolge. Die Anwendung der Steinkohlen, durch welche allein das Eisenhüttenwesen nur zu einer Bedeutung, wenigstens zu einer großen Ausdehnung gelangen kann, ist fast noch unversucht geblieben. Dennoch sind die Verhältnisse in Katalonien, in den Baskischen Provinzen, in Asturien und in Galicien der Eisenfabrikation so günstig, daß die zahlreichen dort vorhandenen Luppenfeuer ihr vortreffliches Produkt theilweise nach England und — wie jetzt noch geschieht — nach Frankreich absetzen konnten, weil die Eisenproduktion in den genannten Provinzen größer ist als der Bedarf, und weil nicht die inneren Provinzen des Reiches, noch weniger aber die südlichen und westlichen, mit Eisen aus jenen Provinzen versorgt werden konnten, sondern das, nach ihrer geographischen Lage wohlfeilere, fremde Eisen einführen müssen. Im Jahre 1828 bildete sich eine Societät, welche zu Rioverde bei Marbella, an der Südküste zwischen Gibraltar und Mallaga, eine Eisenhütte auf deutsche Weise, mit einem Hohofen und Cylindergebläse, anlegte, um die in dem Gebirge von Ronda befindlichen reichen Lager von Magneteisenstein auf Roheisen zu verschmelzen und dieses demnächst zu verfrischen. Diese Anlage hat jedoch nur schwache Fortschritte gemacht. Schon vor alten Zeiten ward in Ronda aus dem Magneteisenstein viel, und wegen seiner Güte sehr berühmtes Stabeisen dargestellt. Der Haupt-

ſitz der Eiſenfabrikation in Spanien iſt jedoch in Katalonien und in den Baskiſchen Provinzen zu ſuchen, wo das Stabeiſen in einer großen Anzahl von Luppenfeuern angefertigt wird. Die Kataloniſchen Schmieden in Aſturien beziehen ihre Eiſenerze ſämmtlich von Somoroſtro bei Bilbao in Biscaya. Sie bereiten aus dem herrlichen verwitterten Spatheiſenſtein vortreffliches Stabeiſen. Die Eiſenerzniederlage von Somoroſtro iſt ſchon in ſehr alten Zeiten bekannt geweſen (Plinius, hist. nat. XXXIV. 43). Das 3—10 Fuß mächtige, St. 9—11 ſtreichende und gegen N.O. einfallende Lager geht auf dem Kamm eines ſchmalen Bergrückens (Liaskalkſtein?) in einer langen Felſenreihe zu Tage aus und wird höchſt unregelmäßig abgebaut, indem die Gewinnung ohne alle Aufſicht ausgeführt wird. Mit Karren die mit Ochſen beſpannt ſind, fährt man in die flach geneigten Weitungen und fördert damit den durch Verwitterung ſehr aufgelockerten Spatheiſenſtein zu Tage und auf den ſchlechteſten Wegen hinab, bis ans Meer, wo er eingeſchifft wird. Aſturien hat zwar ſelbſt viele reiche Eiſenſtein-Lagerſtätten, aber ſie ſind unbenutzt, weil Somoroſtro durch ſeine Lage, in der Nähe der Küſte, einen leichteren Transport des Eiſenſteins gewährt. Mehre Eiſenwerke, namentlich die Munitionsgießerei von Truvia, ſind wegen Mangel an vegetabiliſchem Brennmaterial wieder eingegangen. Auch in Galicien iſt die Eiſengewinnung ein wichtiges Gewerbe. In den Provinzen Lugo und Orenſe ſind viele Hämmer im Betriebe, welche den größten Theil ihrer Erze aus dem Lande ſelbſt beziehen. Die wichtigſten Eiſenſteingruben in Galicien ſind die von Formigueiros und Roques in dem Gebirge von Courél, welche jährlich über 80 tauſend Ct. vortreffliches Eiſenerz liefern. Zu Sargadelos, in der Nähe der Küſte, befindet ſich ein Eiſenwerk mit 2 Hohöfen und einem Flammenofen, wo Munition und Töpfe gegoſſen werden. Die Eiſenhämmer in Aſturien ſowohl als in Galicien ſind ziemlich gleichförmig und befolgen alle das in Biscaya übliche Verfahren.

Ueber die Größe der jährlichen Eisenfabrikation in Spanien findet man sehr verschiedene und bedeutend von einander abweichende Angaben. Am richtigsten mögte sie wohl durch Hoppensack ermittelt seyn, welcher sie zu 170 bis 180 tausend Centnern angiebt. Seitdem ist die Produktion wahrscheinlich nicht gestiegen und dies, für Spanien sehr geringe Quantum, dürfte auch jetzt noch wohl der Wirklichkeit nahe kommen.

Portugal.

Man kennt mehre Eisenerz-Ablagerungen in diesem Reiche, in den Provinzen Estremadura, Beira, Minho, Tras os Montes, Alemtejo und Algarbien. Nur wenige davon werden benutzt, denn das wenige Eisen, welches in Portugal erzeugt wird, kommt aus den Provinzen Tras os Montes, von dem Hüttenwerk Chapachunha, und aus Beira, in den Distrikten von Thomar und Figuiero dos Vinhos. Man verarbeitet Rotheisenstein in Luppenfeuern. Ein Versuch, bei Foz d'Alge, westlich von Figuiero, eine Eisenhütte mit einer Hohofenanlage im Betrieb zu erhalten, um Gußwaaren, besonders Munition anzufertigen, hat einen ungünstigen Fortgang gehabt. Ueberhaupt scheint es wohl, daß dem unglücklichen Lande die Schätze, welche die Natur darin niedergelegt hat, für eine bessere Zukunft aufbewahrt bleiben sollen. Die ganze Eisenproduktion Portugals soll nicht über 6000 Centner jährlich betragen.

Holland.

In den alten Holländischen Provinzen findet keine Eisenbereitung statt. Das Land wird von England, — zu einem geringen Theil auch von Belgien, — mit Eisen versorgt. Aber das Herzogthum Luxemburg erzeugt jährlich 50 bis 60 tausend Centner Roheisen, in Holzkohlenhohöfen, welches größtentheils in die Preußischen Rheinprovinzen zur weiteren Verarbeitung zu Stabeisen versendet wird. Die kleinere Hälfte bleibt im

Lande und wird in gewöhnlichen Frischfeuern in Stabeisen umgeändert.

Belgien.

Die Eisenfabrikation hat in den zu diesem Reiche gehörenden Landestheilen ohne Zweifel einen sehr frühen Anfang genommen, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß hier, — und vielleicht gleichzeitig in Lothringen und im Elsaß, — die ersten wichtigen Schritte zur Vervollkommnung der Eisenfabrikation, durch Einführung der Hohöfen, gemacht worden sind. Von diesen Ländern haben sich die Hohöfen nördlich nach England und Schweden, und östlich nach Deutschland und Rußland, später auch südlich nach Süddeutschland und Italien verbreitet. Dennoch machte die Eisenfabrikation bis zu Ende des vorigen Jahrhunderts hier nur unbedeutende Fortschritte, aber in den letzten Decennien hat sich der Zustand des Eisenhüttenwesens in Belgien ungemein verändert. Früher ward der größte Theil der Hüttenwerke bei Holzkohlen betrieben und es sind kaum 20 Jahre verflossen, seitdem man die englischen Methoden eingeführt hat. Dies ist aber mit einer solchen Energie und mit einem so günstigen Erfolge geschehen, daß das kleine Königreich jetzt zu den Staaten gezählt werden muß, welche durch eine starke Eisenproduktion ausgezeichnet sind. Die reichen Niederlagen von vortrefflichen Steinkohlen und die ausdauernden Eisenerz-Ablagerungen sind dem Unternehmungsgeist der Belgier allerdings zu Hülfe gekommen, ohne Zweifel haben aber die Eisenbahnen dadurch kräftig mitgewirkt, daß sie den Absatz des Eisens erleichtert und befördert haben. Es scheint jedoch, daß die Gränze der Produktion in diesem Augenblick ziemlich erreicht sey, indem die eigene inländische Concurrenz schon Veranlassung gegeben hat, den Betrieb der bestehenden und schnell entstandenen Anlagen zu vermindern. Im Jahr 1837 befanden sich 23 Koakshohöfen und 66 Holzkohlenöfen im Betriebe, und das Produktionsquantum ward zu 1,478,000 metrischen Centnern angegeben. Bis zum

Jahr 1839 hat sich die Zahl der Koakshohöfen fast verdoppelt, wogegen mehre Holzkohlenöfen theils zum Kaltliegen gekommen, theils auf den Betrieb mit mineralischem Brennmaterial eingerichtet worden sind. Die Roheisengewinnung soll im Jahr 1839 bis auf 1,600,000 metrische Centner gestiegen, jetzt aber wieder etwas in Abnahme gekommen seyn. Nur ein sehr unbedeutendes Quantum Roheisen wird noch in Heerden bei Holzkohlen verfrischt; bei weitem der größere Theil in Flammenöfen, nach der englischen Methode verarbeitet. Ein großer Theil des Belgischen Roheisens wird nach Frankreich, und eine weit geringere Quantität nach Rheinpreußen ausgeführt. Die Angabe von 900,000 metrischen Centnern Stabeisen, welche im Jahr 1839 in Belgien angefertigt seyn sollen, ist sehr unzuverlässig und dürfte in der Wirklichkeit wohl geringer gewesen seyn.

Schweiz.

Es fehlt durchaus an Nachrichten über die Eisenerzeugung in diesem Lande. Unbedeutend ist sie nicht, obgleich die natürlichen Verhältnisse des Landes, nämlich der gänzliche Mangel an mineralischem Brennmaterial und der stets steigende Preis des Holzes, es niemals dahin kommen lassen können, das Eisenhüttengewerbe in diesem Lande zu einiger Bedeutung zu erheben. Die Angaben über die Größe der Produktion schwanken zwischen 6000 und 75,000 Centnern jährlich, und daher mögte es schwer seyn, die richtige Angabe zu treffen. Die feineren Sorten von geschmiedetem Eisen bezieht die Schweiz aus England, Belgien und den Preußischen Rheinprovinzen. Die letzteren versorgen die Schweiz auch mit Gußwaaren, besonders mit solchen die für den häuslichen Gebrauch bestimmt sind.

Schweden.

Die Natur hat in diesem Lande eine unversiegbare Quelle von Eisenerzen, etwa von 57½ Grad bis 67½ Grad nördlicher

Breite, nämlich vom Taberge in Jönköpings Län, bis Gellivara in Nordbotten, in den Lagern von Magneteisenstein niedergelegt, welche zwar nicht in ununterbrochener Erstreckung fortgehen, sondern nur massenweise, dann aber auch um so mächtiger, zum Vorschein kommen. In den südlichen, theils aber auch in verschiedenen westlichen Provinzen Schwedens, macht man wohl von den Raaseneisensteinen Gebrauch, erzeugt daraus aber nur das zum eigenen Verbrauch benöthigte Eisen, und bestimmt es nicht zur Ausfuhr. Von der Geschichte der Schwedischen Eisenfabrikation hat Svedenstjerna einen vollständigen Abriß gegeben. Die Eisenbereitung in Schweden ist so alt, daß man über den Ursprung nur Volkssagen hat, wie in allen Ländern in welchen alter Bergbau betrieben wird. Die alten Bewohner des Landes haben sich niemals anderer, als eiserner Waffen bedient, und es scheint, daß sie die Kunst der Eisenbereitung auf ihren Zügen nach England, dorthin gebracht haben. Ueber das Verfahren bei der Bereitung, giebt die in Dalekarlien, Herjedelen und Westbottinien noch jetzt gebräuchliche Methode, welche mit demselben Recht eine Luppenfrischerei als eine Stückofenwirthschaft genannt werden kann, einen Aufschluß. Man bedient sich dabei niedriger Oefen, welche man in alten Zeiten aus einer lose aufgeführten Steinmauer zusammensetzte, und des feingespaltenen Holzes, welches man in den Heerden oder Schächten selbst verkohlt, und wenn die Verkohlung beinahe geschehen ist, das fein zerschlagene Erz schaufelweise niederschmelzt. Diese, unter dem Namen der Bauer- oder der Blase-Oefen bekannten Vorrichtungen, so wie sie jetzt vorhanden sind, hat Rinman in seiner Geschichte des Eisens §. 95. beschrieben. Früher waren sie noch weniger vollkommen, und es ist möglich, daß man damals nur einen natürlichen Luftzug anwendete und sich noch keines Gebläses bediente. Das Produkt von diesem Schmelzprozeß ist, wie bei allen ähnlichen, ein Gemenge von geschmeidigem Eisen mit luckigen Flossen, in sehr verschiedenen Verhältnissen, wie es der

mehr oder weniger rohe Gang der Arbeit gerade mit sich bringt. Die alten Bewohner des Landes erhitzten diese Massen von mehr oder weniger geschmeidigem Eisen, ohne sie umzuschmelzen, und verschafften sich dadurch das zu ihren Geräthen und Waffen erforderliche Eisen. Als aber später dies gefrischte Eisen, unter dem Namen Osemund ein Handelsartikel geworden war, scheint man mehr Sorgfalt auf die Bereitung der Massen verwendet zu haben. Das Osemundeisen, welches also dem rohen und unverarbeiteten Stückofeneisen gleich zu stellen ist, war bis zu Anfange des 16. Jahrhunderts ein Ausfuhrartikel für Schweden. Es ward nach den deutschen Hafenstädten, besonders nach Lübeck, und auch nach anderen Hanseestädten, vorzüglich nach Danzig gebracht, und dort zu Stabeisen umgearbeitet; auch diente es in Schweden selbst häufig statt des Geldes.

Drei bis vier Jahrhunderte lang bestand diese Abhängigkeit Schwedens von den Städten an der südlichen Küste der Ostsee, besonders von Lübeck, welches sich vorzugsweise den Handel und die Verarbeitung des Osemundeisens angeeignet hatte. Gustav Wasa, erkennend die Nachtheile, welche für Schweden aus einem solchen Handelsverkehr entsprangen, verbot die Ausfuhr des Osemundeisens (1523) und ließ deutsche Arbeiter nach Schweden kommen, um ein besseres Verfahren bei der Eisenbereitung einzuführen, und in Zukunft nur fertiges Stabeisen aus dem Reiche zu exportiren. Für den Augenblick ward der Schwedische Eisenhandel dadurch zwar gestöhrt, aber die günstigen Folgen dieser Maaßregel für Schweden zeigten sich sehr bald, besonders weil Wasa's Nachfolger, Karl IX., von gleichem Geiste beseelt, die durch Religionsunruhen verdrängten Wallonen, in seinem Reiche aufnahm (1564). Noch mehr geschah für die Schwedische Eisenfabrikation, unter Gustav Adolph's Regierung, dadurch, daß er mehre Niederländische Familien, besonders die Familie de Geer, nach Schweden zog, welche den schlechten Zustand des Eisenhüttenwesens in Schweden verbesserte, und

dadurch, daß er 1630 eine besondere Bergamtsbehörde, unter dem Namen eines Bergamts führte.

Die Hohöfen sind schon zu Ende des 16. Jahrhunderts in Schweden, durch die Deutschen und Niederländer eingeführt worden. Es scheint, daß man später den Namen Osmund auf das Roheisen übertragen, und die Ausfuhr dieses Roheisens von Zeit zu Zeit gestattet und wieder untersagt hat. Seit der Regierung der Königin Christine, bemerkt Oxenstjerna, befand das Schwedische Eisenhüttenwesen sich schon in demselben Zustande, wie jetzt, nur daß die Production noch keine so große Ausdehnung gewonnen hatte. Weil die Ausfuhr, folglich auch die Größe der Fabrikation des Stabeisens, von den politischen Verhältnissen der übrigen Staaten Europa's in einer gewissen Abhängigkeit steht, so hat die Geschichte des Schwedischen Eisenhandels besonders blühende, und dann wieder sehr ungünstige Perioden aufzuweisen, obgleich die Ausfuhrmenge seit der Mitte des 15. Jahrhunderts sehr beträchtlich gestiegen ist. Damals betrug sie nur 20 bis 30 tausend Schiffpfund. Zur Zeit des dreißigjährigen Krieges, oder genauer in dem Zeitraum von 1640—1650, wurden im Durchschnitt jährlich nur 12,000 Schiffpfund versendet, aber im Jahr 1696 schon wieder 228,526 Schiffpfund. In der Zeitperiode von 1760—1780 wurden im Durchschnitt jährlich 340,000 Schiffpfund Stabeisen ausgeführt; im Jahr 1808 nur 186,128 Schiffpfund; 1815 die bis dahin nie erreichte Menge von 441,340 Schiffpfund, 1816 wieder nur 304,922 Schiffpfund, und im Jahr 1823, 392,494 Schiffpfund. Auch in der neuesten Zeit haben nicht unbedeutende Schwankungen statt gefunden. Es sind nämlich an geschmiedetem Eisen in Stäben:

im	Jahr	1830	ausgeführt	worden	366,617	Schiffpfund
—	—	1831	—	—	427,995	—
—	—	1832	—	—	401,367	—
—	—	1833	—	—	423,400	—

im Jahr	1834	ausgeführt	worden	400,175	Schiffpfund
— —	1835	—	—	493,601	—
— —	1836	—	—	470,627	—
— —	1837	—	—	336,883	—
— —	1838	—	—	543,329	—

Dies Schwanken in der Ausfuhrmenge muß natürlich auf die Fabrikation selbst zurück wirken. Großbritanien und Nordamerika sind bis jetzt die Hauptabnehmer des Schwedischen Eisens gewesen. Außer dem Eisen welches sich in anderen Ländern und Staaten vertheilt, kann man im Durchschnitt annehmen, daß von der jährlichen Ausfuhrmenge, auf Großbritanien und Irland 90,000 Schiffpfund, auf die vereinigten Staaten von Nordamerika 80,000 Schiffpfund, auf Frankreich 40,000 Schiffpfund, auf die Dänischen Staaten 30,000 Schiffpfund und auf die Norddeutschen Länder etwa 54,000 Schiffpfund fallen.

Man darf daher wohl sagen, daß die Größe der Eisenfabrikation in Schweden fast allein von den Handelsverhältnissen, von den augenblicklichen Bedürfnissen und von dem Zustande der Eisenproduktion in anderen Staaten, — welche indeß selbst eine veränderliche Größe ist, — abhängig bleibt, weil von dem erzeugten Produkt nicht, wie in anderen Staaten, alles, oder doch der überwiegend größere Theil, zur inneren Consumtion verwendet wird.

Mit Ausnahme der geringen Produktion von Stabeisen in den Blaseöfen, die kaum in Betrachtung kommt, bedient man sich in ganz Schweden der Hohöfen zum Verschmelzen der Erze zu Roheisen. Bei den Hohöfen werden sehr niedrige, oder fast gar keine Obergestelle angewendet, welches der Beschaffenheit der Erze entsprechend zu seyn scheint; man hat aber auch die alte Construction der Ofenschächte, wie sie zu Anfange des 16. Jahrhunderts eingeführt worden, genau beibehalten, um dem verdienten guten Ruf des Schwedischen Stabeisens, durch ein Abweichen von dem alten Verfahren, nicht zu schaden. Der Frisch-

prozeß ist theils die gewöhnliche deutsche Frischmethode, theils eine Varietät derselben (Halbwallonenfrischerei). Alle Hüttenarbeiten werden bei Holz und Holzkohlen ausgeführt, denn Schweden besitzt keine Steinkohlen. Man zählt in Schweden etwa 340 Hohöfen, die aber niemals sämmtlich im Betriebe sind, und etwa 1400 Frischheerde. Von den Oefen befinden sich 76 in Oerebro Län, eben so viel in Stora Kopparbergs Län, 35 in Carlsstads Län, 31 in Gefleborgs Län, 31 in Westerås Län, 15 in Jönköpings Län, 14 in Linköpings Län, 12 in Upsala Län, 12 in Kronobergs Län, 11 in Calmar Län, 7 in Nyköpings Län, 6 in Stockholms Län, 4 in Wester Norrlands Län, 3 in Norrbottens Län, 2 in Westerbottens Län, 2 in Skaraborg's Län, 1 in Jemtlands Län. Die Frischfeuer befinden sich größtentheils bei den Schmelzhütten, oder in der Nähe derselben. Raaseneisenstein wird nur auf wenigen Oefen in Kronobergs und Calmar Län verschmolzen. Die in den nördlichen Gegenden von Carlstad Län vorkommenden Wiesenerze verarbeitet man nicht; nur in den entlegeneren Theilen von Stora Kopparbergs Län werden Raasenerze von den Dalekarliern in den Blaseöfen verschmolzen. Die Größe der Roheisenproduktion richtet sich in der Hauptsache nach dem Bedarf der Frischhütten, und deren Fabrikation ist wieder von dem Gange des Handels abhängig. Es ist die Einrichtung getroffen, daß jedes Frischfeuer nur eine bestimmte Quantität Stabeisen anfertigen darf, welches man das privilegirte Quantum nennt; indeß ist die Erlaubniß zur Ueberschreitung leicht zu bewirken, wenn günstige Handelsverhältnisse eine stärkere Fabrikation herbeiführen. Bei der Besitznahme von Finnland hat sich Rußland für die dortigen Hüttenwerke, die von denselben früher besessenen Vorrechte in dem freien Ankauf von 23767 Schiffpfunden Erz von Südermanland und Dannemora, und von 9946½ Schiffpfunden Roheisen von guter Qualität vorbehalten, indem die Ausfuhr von Erzen und von Roheisen aus Schweden seit dem Jahr 1639 durchaus verboten ist,

bis zu welchem Jahre die früheren Verbote eben nicht strenge befolgt worden sind.

Der Magneteisenstein, welcher mehr oder minder mächtige Lager und Stöcke im Urgebirge zu bilden scheint, findet sich stets in Gesellschaft mit anderen Fossilien, so daß die eine Erzablagerung ein besseres und reineres Erz liefert als die andere. Man kennt in Schweden eine große Menge von solchen Eisensteinlagern, von denen sehr viele bebaut werden; allein es zeichnen sich unter diesen Lagern einige durch ihre außerordentliche Mächtigkeit und durch die geringen Beimengungen von fremden Fossilien besonders aus. Die nördlichsten bekannten und bebauten Lager sind die in den Lappmarken (Gellivara, Ruotivara, Lussovara, Kirunovara, Hankivara, Svappavara u. a. m.). Das rauhe Clima und die Entfernung von der See machen die Benutzung dieser unerschöpflichen Lager von dem reinsten und vortrefflichsten Magneteisenstein für andere als für die nahe liegenden Hütten unmöglich, und sogar diesen unbedeutenden Hüttenwerken kommen sie wenig zu gute, weil es wegen des langsamen Holzwuchses an Brennmaterial fehlt. Von Lappland bis Gefle befinden sich wenig bauwürdige Lager, aber die nördlich von Gefle liegenden Hütten beziehen ihr Erz nicht aus Lappland, sondern, der wohlfeileren Wasserverbindung wegen, aus Stockholm und Upsala Län. Etwa in der Breite von Gefle, besonders in der Mitte von Schweden, wo Stora Kopparberg, Westerås, Oerebro und Carlsstad Län mit ihren Gränzen nahe an einander kommen, werden die Lager von Philippsstadt, bei Nordmark, Taberg (nicht mit dem in Jönkepings Län zu verwechseln), Långban, Garsberg u. s. f., ferner die Gruben des Grängesberges in Grängerde (Stora Kopparbergs Län) gebaut, und etwas nordwestlich von diesen letzteren die Gruben des Bispberges bei Säter, und noch weiter östlich (schon in Gefleborgs Län) die Gruben von Thorsåker. Südlich von diesen Lagern kommen im Oerebro Län, die Lager von Stråssa,

Klacka, Persberg und der Dalkarlsberg, welche sich, jedoch immer weniger bauwürdig, bis zu den nördlichen Ufern des Wettersees fortziehen. Von diesen Lagern ganz getrennt liegt, in Upsala Län, die berühmte Dannemora Grube. Außerdem haben die Lager von der Insel Utön, in Stockholms Län, und das Eisensteinslager des Taberges in Jönköpings Län, mit Recht eine große Berühmtheit erlangt.

An Roheisen und an Gußwaaren, welche unmittelbar aus den Hohöfen erfolgten, sind in Schweden:

im Jahr 1801 bereitet worden . .	382,737	Schiffpfund
— — 1805	400,795	—
— — 1810	276,773	—
— — 1815	286,662	—
— — 1820	403,732	—
in den Jahren 1823—1832, im Durchschnitt jährlich	458,260	—
im Jahr 1833	506,470	—
— — 1834	482.244	—
— — 1835	517,609	—
— — 1836	545,312	—

Im Jahr 1837 sind in Schweden 227 Hohöfen im Betriebe gewesen, welche 538,928 Schiffpfund Roheisen und 20,623 Schiffpfund Gußwaaren, zusammen also 559,551 Schiffpf. Hohofenprodukte geliefert haben. Die Roheisenproduktion ist also bis dahin im Steigen gewesen.

An geschmiedetem Eisen in Stangen wurden:

in 1823—1832 im Durchschnitt jährlich	452,481	Schiffpfund
im Jahr 1833	451,968	—
— — 1834	452,602	—
— — 1835	465,446	—
— — 1836	512,404	—

und im Jahr 1837, in 1285 Frischheerden, unter 816 Hämmern, 521,084 Schiffpfund dargestellt. Es läßt sich daher jetzt

die jährliche Stabeisenfabrikation in Schweden in runder Durchschnittssumme etwa zu 500,000 Schiffpfund annehmen.

Norwegen.

Magneteisenstein ist vielleicht das einzige Eisenerz welches in Norwegen verschmolzen wird. Alle Hohöfen erhalten ihren Bedarf an Eisenstein ganz oder doch theilweise von Arendal, denn selbst diejenigen Hütten, welche in ihrer Nähe eigene Förderungspunkte besitzen, können davon nicht so viel Erze beziehen, daß sie des Arendaler Eisensteins entbehren könnten. Der Arendaler Magneteisenstein bildet ein mächtiges und ausgedehntes Lager im Gneus, welches auf vielen Punkten abgebaut wird, wodurch eben so viele einzelne Gruben, welche zu den verschiedenen Hütten gehören, entstanden sind, obgleich es immer nur ein und dasselbe Lager ist, welches die sämmtlichen Gruben beschäftigt. Der Magneteisenstein kommt gewöhnlich in Gesellschaft mit Granat, Augit und Hornblende vor, und diese Beimengungen sind für die Verschmelzung desselben in den Hohöfen sehr zuträglich, weil man dadurch eine leichtflüssige Schlacke erhält. Nur durch die Beimengung von Titaneisen wird das Erz strengflüssig, weshalb man diese Beimengung entweder absondert, oder diejenigen Punkte, wo das Titaneisen in zu großer Menge vorkommt, ganz verläßt. Viel mehr nachtheilig ist aber die Beimengung von Apatit, welche in zu großer Menge den Eisenstein ganz unbrauchbar macht. Die Hohöfen haben, wie in Schweden, in der Regel ein sehr niedriges Obergestell, welches der Beschaffenheit des zu verschmelzenden Erzes ganz angemessen seyn mag. Das Roheisen wird nicht ganz grau, sondern in dem Zustande erblasen, in welchem es aus dem grauen in den weißen übergehen will. Das Verfahren beim Verfrischen des Roheisens in Heerden, ist die gewöhnliche deutsche Frischarbeit. Von den Hohöfen befinden sich 13 im Stift Aggerhuus, worunter Bärum und Fossum, Edsvold, Mos; 4 im Stift Christian-

land, worunter Näs oder Bojeland; 4 in der Grafschaft Laurvig, und einer (Eidsfoss) in der Grafschaft Jarlsberg. Ein Theil des Roheisens wird zu Gußwaaren, vorzüglich zu Oefen und Töpfen verwendet, wovon in Norwegen jährlich 10 — 12,000 Centner angefertigt werden mögen. Thaarup giebt die jährliche Stabeisenfabrikation von Norwegen zu 29,000 Schiffpfunden an, und dies dürfte eine sehr mäßige Angabe seyn.

Rußland.

Dies ausgedehnte Reich umfaßt Provinzen in welchen sich die Eisenfabrikation schon in vorgeschichtlichen Zeiten entwickelt zu haben scheint, aber in der Entwicklung nicht vorgeschritten ist, und wieder andere Provinzen in welchen die Bereitung des Eisens vielleicht erst seit 2 Jahrhunderten nachgewiesen werden kann, und endlich Provinzen in welchen das Eisenhüttengewerbe erst im Laufe des verflossenen Jahrhunderts eingeführt worden ist und, begünstigt durch die vortreffliche Beschaffenheit der Erze, schnelle und bedeutende Fortschritte gemacht hat. Vor allen sind es die Hüttenwerke im Ural, welche dem Eisenhüttengewerbe Rußlands eine große Bedeutsamkeit und zugleich eine Veranlassung zur Ausfuhr von russischem Eisen nach England, Frankreich, Spanien, Amerika und zum Theil auch nach den Südbaltischen Ländern gegeben haben. Vergleicht man die Größe der Eisenproduktion mit dem Umfange des Reiches, so sollte man glauben, daß der eigene Bedarf durch die Produktion nicht befriedigt werden könne, indeß ist die Produktion wirklich fortwährend bedeutend im Steigen, und man ist bemüht, in Gouvernements in welchen früher keine Eisenbereitung statt fand, dies Gewerbe zu entwickeln.

Für die Geschichte des Eisenhüttenwesens ist es von großem Interesse, zu erfahren, daß schon in der Mitte des 17ten Jahrhunderts, — zu einer Zeit, wo im östlichen Deutschland noch keine Hohöfen und keine Eisengießereien vorhanden wa-

ren, — fast in der Mitte des europäischen Rußlands, eine sehr bedeutende Hüttenanlage bestand, auf welcher Roheisen im Hohöfen bereitet und zu gegossenen eisernen Geschützen verwendet ward, die seewärts nach anderen Ländern versendet würden. Die Kunde von dieser auffallenden Thatsache scheint fast untergegangen zu seyn, so wie das Hüttenwerk selbst, wenigstens in seinem damaligen Zustande, nicht mehr vorhanden ist. Tula, jetzt eine ausgedehnte und wichtige Gewehrfabrik, war in der Mitte des 17ten Jahrhunderts, unter der Regierung des Czaar Alexei, ein bedeutendes Eisenhüttenwerk, welches Gußwaaren aller Art und gegossene eiserne Geschütze in großer Menge geliefert haben muß. Wann und durch welche Veranlassung das Hüttenwerk untergegangen ist und Tula eine ganz andere Bestimmung erhalten hat, läßt sich um so weniger ermitteln, als über den früheren, wichtigen und ausgedehnten Hüttenbetrieb zu Tula, niemals Nachrichten veröffentlicht worden sind. Wenn man erwägt, wie wenig bedeutend die Roheisenbereitung und die Anfertigung eiserner Gußwaaren vor 200 Jahren noch in allen europäischen Staaten gewesen ist, so muß es ganz besonders auffallen, das Vorhandenseyn einer großen Eisengießerei in der Mitte des Russischen Reiches zu einer Zeit zu erfahren, wo eine solche gewerbliche Entwickelung dort nicht vermuthet werden konnte. Unter der Regierung des jetzigen Czaar Alexei, erzählt Macarius, der Patriarch von Antiochien (Travels, translated by Belfour. London 1833. T. IV, und daraus im Journ. des Savants, Juillet 1835. p. 384) ward in der Nähe der Stadt Tula eine Eisenerzablagerung entdeckt. Tula ist der Paß in das Tartarenland, so wie Potiblia der Paß in das Türkenland. Das reiche Eisenerz von Tula zieht sich in einer Reihe von Hügeln fort. Früher kannte man kein Eisenerz in diesem Reiche und alles Eisen welches man brauchte, mußte über See eingebracht werden. Es waren Deutsche, welche zuerst das Eisenerz entdeckten und zur Gewinnung brachten. Sie pachteten es vom

Czaar, unter der Bedingung, ihm $\frac{9}{10}$ des Produkts zu geben und nur $\frac{1}{10}$ für sich zu behalten. Sie wenden Oefen von bewundernswürdiger Construction an, in welche sie das Erz bringen so wie es aus der Grube kommt. Dann machen sie Feuer und bringen die Hitze bis zu dem Grade, daß das Metall vollkommen flüssig wird, sich nach allen Seiten hin verbreitet und wie Wasser in Rinnen fließt die in der Erde gemacht sind, und welche das flüssige Eisen in hohle Formen, in Gestalt von Kanonen, Rädern u. s. f leiten. Auf beiden Seiten einer solchen Rinne sind 40—50 Formen. Sobald das Eisen seine Gestalt erhalten hat, wird es mit großer Leichtigkeit aus den Formen gehoben. Auf solche Weise wird täglich eine außerordentliche Anzahl von verschiedenen Artikeln gemacht. Die große Menge von Kanonen welche man auf diesem Hüttenwerke gießt, wird im Winter verladen und auf Schlitten transportirt, zum Theil 1700 Werst oder 40 Tagereisen weit, nach dem Hafen von Archangel. Dort werden sie an verschiedene Völkerschaften verkauft, die sie über das Meer in ihre Länder führen. Das Eisen ist von vorzüglicher Güte und wird sehr billig verkauft. Auch die Thüren der steinernen Häuser, der Paläste und der Kirchen, die Fensterrahmen in den Verkaufsmagazinen zu Moskau, so wie die Balustraden, sind häufig von Eisen. Ja der Czaar hat sogar die steinernen Fliesen, mit welchen die große Metropolitankirche zu Moskau gepflastert war, durch eiserne Platten ersetzen lassen, welche zu Tula gegossen sind und welche eine ganz gleichförmige, silberartige Politur zeigen. — Bekanntlich trat der Czaar Alexei seine Regierung im Jahr 1645 an und regierte 31 Jahre lang. Macarius scheint um das Jahr 1658 in Tula gewesen zu seyn. Die sehr vorgeschrittene Ausbildung der Gußeisenfabrikation und des Gießereibetriebes zu Tula, erklärt zugleich die schnellen Fortschritte welche in diesem Zweige des Eisenhüttenwesens auf den Uralischen Eisenhütten gemacht worden sind, wo die vortrefflichen Erze und an-

dere Verhältnisse, das Gewerbe noch mehr als in Tula begünstigten.

Ueber die Größe der Eisenproduktion in Rußland sind zuverlässige Angaben in der neuesten Zeit nicht bekannt geworden. Die Ermittelung mag deshalb schwierig seyn, weil zu den gewöhnlichen Hindernissen, welche mit der Ermittelung solcher statistischen Nachrichten immer verbunden sind, noch der Umstand hinzutritt, daß in verschiedenen Gouvernements des europäischen Rußlands, und in ganz Sibirien, eine Menge Eisen in kleinen Blaseöfen erzeugt wird, worüber keine, oder nur unzuverlässige Nachrichten eingehen. Die hier folgende Summe, welche aus den früheren Angaben von Herrmann und Storch zusammengestellt sind, können daher nur als wenig zuverlässig betrachtet werden, indem die Eisenproduktion im Russischen Reiche seit 15 Jahren ansehnlich zugenommen hat, aber sie dienen doch zu einer Uebersicht wie die Eisenproduktion in den verschiedenen Provinzen des russischen Reiches vertheilt ist. Die Summen drücken das jährliche Produktionsquantum in Pud aus *).

---

*) 1 Pud = 40 Pf. Russisch, und 100 Pf. Russisch = 87,5 Pf. Berl., also 1 Pud = 35 Pf. Berl.

Gouvernements	Roheisen	Geschmiedetes Eisen
Finnland	—	30,000
Olonezk	300,000	—
Nowgorod . . .	—	—
Kaluga	325,300	175,476
Orel	24,448	16,809
Tula	34,814	11,711
Wladimir	159,510	71,314
Rjäsan	120,618	29,718
Tambow	459,487	108,862
Wologda	64,813	77,775
Kostroma	—	—
Nischnei-Nowgorod .	389,138	307,157
Pensa	67,177	18,709
Wiätka	241,837	268,160
Jekaterinoslaw . .	40,000	—
Perm	6,051,913	3,907,433
Orenburg	1,387,736	811,376
Tomsk (Altai) . .	60,000	35,000
Irkutsk	30,000	20,000
	9,756,791	5,889,500

Zu dieser Produktion trägt das einzige Gouvernement Perm über ⅔ bei, und von dem dritten Drittel wird in dem Gouvernement Orenburg beinahe die Hälfte dargestellt. Diese beiden Gouvernements enthalten die so genannten Uralischen Eisenhütten, welche für einen großen Theil des Reiches den Eisenbedarf liefern müssen und auch noch Stabeisen in das Ausland senden. Rechnet man beide Gouvernements zu Europa, so ist in dem ganzen russischen Asien, außer den beiden Hüttenwerken zu Tomsk und Guriewsk im Altai, und außer dem Hüttenwerk Petrosawodsk im Nertschinskischen (Irkutsk) kein Eisenhütten-

werk vorhanden, sondern das Bedürfniß an Eisen wird theils durch kleine Heerde und Oefen, nach Art der Blaseöfen, vorzüglich aber durch die Eisenhütten im östlichen Theil des Permschen Gouvernements, oder am östlichen Abhange des Ural, befriedigt. Aber auch in den sämmtlichen westlichen und nördlichen, und in den mehrsten südlichen Gouvernements des europäischen Rußlands, findet keine Eisenfabrikation statt, außer derjenigen, welche etwa hier und dort in kleinen Blaseöfen erfolgt, wovon man keine Kenntniß erhält. Es ist daher nicht zu glauben, daß Rußland jemals durch seine Uralischen Eisenhütten zu einer dauernden Eisenausfuhr gelangen wird, weil der Verbrauch an Eisen im Lande ohne Zweifel in einem ungleich größeren Verhältniß wachsen wird, als die Produktion sich vergrößert.

Außer dem Stabeisen, welches aus Raaseneisenstein in kleinen Blaseöfen und Luppenheerden, in verschiedenen Gouvernements des europäischen Rußlands dargestellt wird, ist das Verfahren bei der Eisenbereitung, nach Herrmann's Zeugniß, im ganzen Reich sehr übereinstimmend. Die Erze werden in Hohöfen verschmolzen, von denen sich die Sibirischen, d. h. die am östlichen Abfall des Ural, durch ihre Größe und Weite zum Theil auszeichnen. Die älteren Oefen sind nur 21 — 25 Fuß hoch; den neueren hat man aber zum Theil eine Höhe von 45 Fuß und eine Weite im Kohlensack von 10 — 12 Fuß gegeben. Ueberhaupt theilt man den Oefen eine, im Verhältniß zu ihrer Höhe, sehr große und, für Holzkohlenöfen sonst nicht angewendete Weite zu. Bei den größeren, und in neueren Zeiten erbauten Sibirischen Hohöfen, welche, wenigstens auf den der Krone gehörenden Hüttenwerken, mit eisernen Cylindergebläsen versehen sind, erzeugt man wöchentlich 1000 bis 1200 Centner Roheisen; die gewöhnliche wöchentliche Produktion der Hohöfen ist aber etwa 5 bis 600 Centner, und mehre von den älteren erzeugen auch wohl nur 350 bis 400 Centner in der Woche. Dennoch glaubt Herrmann, daß man, für jeden wirklich im

Betriebe befindlichen Uralischen Hohöfen, im Durchschnitt eine jährliche Roheisenerzeugung von 100,000 Pud, oder von etwa 32,000 Ct. Preuß., in Rechnung bringen könne. Man erbläst gewöhnlich graues Roheisen, welches in deutschen Frischheerden auf Stabeisen verarbeitet wird. Auf einigen Hütten, die aus Rath- und Magnet-Eisenstein halbirtes Roheisen erzeugen, scheint auch eine Art von Einmalschmelzarbeit eingeführt zu seyn. Rohstahl wird häufiger aus altem Stabeisen, als aus Roheisen angefertigt. Bei der Erzeugung des Rohstahls aus Roheisen bedient man sich auf den Permschen Kronhütten einer Art von Brescianarbeit; gewöhnlich wird aber nur das beim Frischprozeß erhaltene stahlartige Stabeisen aus solchem Roheisen, welches sich besonders zur Stahlfabrikation eignet, als Rohstahl ausgehalten. Der Frischprozeß ward, wenigstens zu Anfange dieses Jahrhunderts, noch mit geringer Sorgfalt ausgeübt, indem man den dritten Theil des Roheisens bei der Frischarbeit als Verlust rechnete. Ein nicht unbedeutender Theil des erzeugten Roheisens wird zu Gußwaaren, aber auch zu eisernen Geschützen, unmittelbar aus den Hohenöfen, verwendet. Es befinden sich jedoch im europäischen Rußland mehre, sehr bedeutende Eisengießereien, welche zur Anfertigung von Kriegsbedürfnissen, und zur Darstellung von Gußwaaren aller Art bestimmt wird. Auch der Kunstguß wird zum Theil in großer Vollkommenheit ausgeübt. Auf den Gießereien wird altes Roheisen, vorzüglich aber Sibirisches Roheisen, in Flammenöfen bei Holz umgeschmolzen, welches vorher in besonderen Trockenöfen gedörrt worden ist. Die Gießerei bei Irbit im Permschen Gouvernement, ward schon im Jahr 1628 angelegt. Sie war die erste in Sibirien und ohne Zweifel von Tula dorthin verpflanzt. Die bedeutendsten Gießereien sind die der Krone gehörenden, zu Kronstadt, wo jährlich 75,000 Pud Gußwaaren, größtentheils aus Munition bestehend, angefertigt werden. Ferner zu St. Petersburg, mit einer Produktion von jährlich 100,000 Pud. Außer den Flam-

menöfen werden hier auch Kupolo- und Stürzöfen angewendet um das Roheisen umzuschmelzen. Diese Eisengießerei liefert nicht bloß Kriegsbedürfnisse, sondern auch die schönsten Kunstwaaren. Im Olonezkischen Gouvernement befinden sich zwei Eisengießereien, die eine zu Kontschoserk, welche jährlich über 50,000 Pud Gußwaaren, größtentheils aus Geschützen und Munition, aber auch aus anderen Gußwaaren bestehend, liefert. Die zweite ist zu Alexandrowsk, welche zu demselben Zweck bestimmt ist und deren jährliche Gußwaarenproduktion die Höhe von 170,000 Pud erreichen soll. Diese beiden Gießereien schmelzen kein Roheisen um, sondern sie erhalten dasselbe unmittelbar aus den Hohöfen, von denen sich 2 zu Kontschoserk und 4 zu Alexandrowsk befinden, die aber nicht immer sämmtlich im Betriebe sind. Auch im Jekaterinoslawkischen Gouvernement befindet sich eine Eisengießerei zu Lugansk, welche Sibirisches Roheisen in Flammenöfen umschmelzt und größtentheils Artillerie-Bedürfnisse liefert. Zu Lugansk sind ein paar Hohöfen gebaut, um den ersten Versuch im russischen Reich zu machen, Roheisen bei Koaks zu erblasen, aus Steinkohlen welche am Donez in der Gegend von Bachmut vorkommen. Diese Versuche haben bis jetzt noch keinen günstigen Fortgang gehabt, angeblich weil die Steinkohlen zur Behandlung in den Hohöfen nicht die erforderlichen Eigenschaften besitzen sollen. Auf einigen Eisenhütten hat man auch von dem unverkohlten Holz bei dem Betriebe der Hohöfen Anwendung gemacht und dasselbe theils für sich allein, theils im Gemenge mit Holzkohlen, und, wie es scheint, mit einem recht günstigen Erfolge, verwendet.

Die im Gouvernement Finnland angegebene Produktion bezieht sich nur auf das Stabeisen, welches aus Raaseneisenstein in Luppenheerden zu Strönfors, Forsby, in Wasalän u. s. f. erzeugt wird, nicht aber auf dasjenige, welches aus Schwedischen Erzen und Roheisen (S. oben, Schweden) dargestellt wird. Die Raasenerze kommen in Finnland, eben so wie im südlichen

Schweden, auf dem Grunde der Landseen vor und werden auf eine eigenthümliche Weise heraufgezogen. Die Bildung dieser Erze (See-Erze) schreitet ununterbrochen fort und ist eben so problematisch als die Bildungsweise des Raasenerzes überhaupt, auch da wo es sich nicht auf dem Boden der Landseen, sondern auf der Oberfläche der Wiesen und Moräste erzeugt. — In den Gouvernements Olonetsk, Nowgorod und Kostroma (besonders im Kreise Tschuchloma des letzteren Gouvernements) wird sehr viel Raaseneisenstein in kleinen Oefen verarbeitet, welche wie die Dalekarler Luppenfeuer betrieben werden. Alle drei Gouvernements führen Stabeisen in die benachbarten Statthalterschaften, müssen also auch mehr Eisen produciren, als der eigene, wahrscheinlich nur geringe Verbrauch beträgt. Die Menge des Stabeisens, welches auf solche Weise in den Blaseöfen gewonnen wird, finde ich nirgends angegeben; sie mag auch nur schwer mit einiger Wahrscheinlichkeit zu bestimmen seyn.

Im Gouvernement Kaluga werden ohne Zweifel Sphärosiderite aus der jüngsten Flötzsandsteinbildung, vielleicht auch außerdem noch Raasenerze verarbeitet. Werchne-Dugnensk und Lubinowsk gehören zu den bedeutenderen Hüttenwerken dieses Gouvernements.

Im Gouvernement Orel verarbeitet man Sphärosiderite aus derselben Formation, besonders auf der Hütte zu Linbochonsk.

Im Gouvernement Tula werden theils Sphärosiderite, theils Raasenerze, auf den Hütten zu Dubensk und Magsea-Molowlänsk, verschmolzen.

In der Statthalterschaft Wladimir werden nur Sphärosiderite zu Gussewsk und zu Werchneuschensk verschmolzen, und außer zu Stabeisen, auch zu Stahl, zu Blechen, Sensen und Drath verarbeitet.

Auch im Gouvernement Rjäsän verschmelzt man nur Sphärosiderite, vorzüglich auf den Hütten Süntulsk und Istinsk-Salipächsk.

Im Gouvernement Tambow werden Sphärosiderite, theils aus dem Gouvernement selbst, theils aus dem Gouvernement Wladimir, auf den Hütten zu Medusche wsk, Unschensk, Grenschinsk, Wändrewsk und Wosnessensk verschmolzen.

Im Gouvernement Wologda werden auf den Hütten zu Kutschpansk und Niuwtschinsk Raaseneisenstein verarbeitet. Außerdem wird aber in diesem sowohl, als in den früher genannten Gouvernements noch eine bedeutende Menge von Stabeisen in Blaseöfen erzeugt, dessen Quantität nicht zu bestimmen ist.

Im Gouvernement Nischnei-Nowgorod werden wenig Raaseneisenerze, größtentheils Sphärosiderite verschmolzen, auf den Hütten zu Wieksk, Wäksunsk und Snawedsk. Das Roheisen wird zu Stahl und Stabeisen, und letzteres zu Sensen, Messern, Drath u. s. f. verarbeitet, womit dies Gouvernement einen starken Handel treibt. Ueberhaupt sind die Gouvernements Nischnei-Nowgorod und Tambow diejenigen, welche, nächst den Uralischen, am mehrsten Eisen produciren und dasselbe auch verfeinern.

Im Gouvernement Pensa werden Sphärosiderite auf den Hütten zu Räbkinsk, Awgarsk und Insarsk verschmolzen.

Auch im Gouvernement Wiätka werden, auf den Hütten zu Klümkowsk, Pesskowsk, Kirsinsk, Salasninsk, Omiutinsk und Schumanikolsk, nur Sphärosiderite verarbeitet.

Außer dem Raaseneisenstein ist also der Sphärosiderit, in allen Gouvernements auf der Westseite des Ural, das eigentliche Erz, woraus im russischen Reiche das Eisen bereitet wird. Anders verhält es sich in den Gouvernements Perm und Orenburg. Man hat die auf der West- und auf der Ostseite des Ural liegenden Eisenhütten zu unterscheiden. Die ersteren verarbeiten ebenfalls Sphärosiderite, die letzteren aber Magneteisenstein, Roheisenstein und Brauneisenstein, welche mächtige Lager im Schiefergebirge zu bilden scheinen. Nur die am entferntesten gegen Osten vom Ural liegenden Eisenhütten verschmelzen theilweise wieder Sphärosiderite, aber nicht aus der Formation des

einmal der Gegenstand eines ausgebreiteteren Handels gewesen und daher selten in größerer Menge angefertigt worden, als zur Befriedigung des eigenen Bedürfnisses nöthig war.

Der Zeitpunkt einer fabrikmäßigen Eisenbereitung scheint für die große Masse von Ländern, aus welchen das asiatische Rußland besteht, noch ziemlich ferne zu liegen, theils wegen des geringen Bedürfnisses, theils wegen der Leichtigkeit mit welcher dasselbe von jedem Einzelnen befriedigt wird; theils endlich, weil die Lage Sibiriens zu einem Handelsverkehr, mit dem Mutterstaate so wenig als mit anderen Ländern, geeignet ist, folglich die Produktion immer nur auf den eigenen geringen Bedarf beschränkt bleibt. Nur eine starke Bevölkerung, so wie die daraus hervorgehende Vervielfachung der Beschäftigungen, werden in einem von den Küsten des Meeres entfernt liegenden Lande, eine fabrikmäßige Eisenfabrikation herbeiführen und dauernd erhalten können, wenn es sonst die Bedingungen dazu in sich enthält. Ohne Zweifel sind auch die schwache Bevölkerung in mehren Gouvernements des europäischen Rußlands, und die noch schlummernde Industrie, die Ursache des geringen Eisenverbrauches im russischen Reiche. Denn obgleich Rußland bedeutend mehr Eisen producirt, als aus den oben mitgetheilten Uebersichten hervorgeht, so steht die Eisenfabrikation doch immer noch nicht mit der Ausdehnung des Landes und mit der Größe seiner Bevölkerung im Verhältniß. Aber mit den Fortschritten in der Cultur und mit den mannigfaltig dadurch vermehrten Bedürfnissen, so wie mit der zunehmenden Bevölkerung, wird sich auch die Eisenproduktion in diesem Staate immer mehr vergrößern, und er wird schwerlich jemals fremder Staaten bedürfen, um seinen Bedarf an Eisen zu befriedigen.

In dem zu St. Petersburg erscheinenden Bergwerks-Journal wird die Gesammtproduktion an Roheisen in der russischen Monarchie, im Jahr 1832 zu 9,775,389 Pud angegeben, wovon 975,957 Pud auf Kronswerken, und 8,874,276 Pud auf

Privatwerken gewonnen seyn sollen. Diese Angabe stimmt fast genau mit den oben mitgetheilten speciellen Ermittelungen überein. Aber seit 8 Jahren hat sich die Produktion sehr wesentlich vermehrt und es ist daher auch mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß die durch öffentliche Nachrichten bekannt gewordene, wenn auch nicht durch officielle Bestimmung beglaubigte Angabe, nach welcher die Roheisenerzeugung im Jahr 1839 in dem russischen Reich 12,400,000 Pud (wovon 10,700,000 auf Privathütten und 1,700,000 Pud auf den Kronswerken), und die Stabeisenproduktion in demselben Jahr 7,000,000 Pud betragen haben soll, von dem wirklichen Erfolge nicht sehr entfernt stehen mag.

Polen.

In der Ausdehnung in welcher das Königreich Polen in diesem Augenblick vorhanden ist, kann die Eisenfabrikation als ein ziemlich neuer Gewerbebetrieb betrachtet werden, so wie überhaupt in Polen, auch zur Zeit der Blüthe dieses Reiches, eine Eisenproduktion von Erheblichkeit, — mit Ausnahme von einigen Provinzen, — niemals statt gefunden hat. In seiner jetzigen Begränzung hat man zwei Bergdistrikte, den östlichen und den westlichen, zu unterscheiden. Die Pilica macht zwischen beiden die Gränze In dem östlichen Distrikt findet nur allein eine Eisengewinnung bei Holz und Holzkohlen statt. Es befinden sich hier mehre, nicht eben bedeutende Hüttenwerke, vorzüglich aber das Hüttenwerk Konieczpol, welches für Rechnung der Regierung betrieben wird. Es ist hier ein Puddlingsfrischverfahren eingerichtet, bei welchem Holz angewendet wird. In dem westlichen Distrikt befinden sich ebenfalls verschiedene Hüttenwerke mit Hohöfen und gewöhnlichen deutschen Frischheerden, also ein Betrieb bei Holzkohlen; außerdem hat die Regierung aber, schon seit einigen Jahren, zwei bedeutende Anlagen erbauen lassen, deren Betrieb mit Koaks und Steinkohlen statt finden wird. Riecka

besteht aus 2 Hohöfen und einer großen Puddlingsfrischhütte. Zu Dombrowa befinden sich 6 Hohöfen und eine sehr große Puddlingsfrischhütte mit 18 Puddlingsöfen. Die Steinkohlen kommen in unmittelbarer Nähe beider Werke vor. Die Gesammtproduktion im Königreich Polen war im Jahr 1639 an Roheisen 184,150 Ct. (an Gußwaaren 79,700 Ct.) und an geschmiedetem und gewalztem Stabeisen 80,610 Ct. An dieser Produktion haben beide Distrikte einen etwa gleich großen Antheil gehabt, weil die Hüttenanlagen zu Niessa und Dombrowa noch nicht in einen regelmäßigen Betrieb gekommen waren.

Türkei.

Regelmäßige Eisenhüttenanlagen, die eine Ausdehnung von einiger Bedeutung erhalten hätten, sind in diesem Lande noch nicht vorhanden, ungeachtet viele Provinzen dieses Reiches die reichsten und vortrefflichsten Eisenerze darbieten. Ganz unbenutzt bleiben diese Schätze freilich nicht, allein die Eisengewinnung ist mehr das Werk eines Zufalles als einer überlegten industriellen Speculation. Von der Art der Gewinnung und Darstellung des Eisens aus den Erzen, wie sie in Klein-Asien statt findet, ist schon §. 8. die Rede gewesen, und ganz ähnlich mag auch in dem europäischen Theil der Türkei der Prozeß der Eisengewinnung seyn. In Bulgarien (in der Gegend von Samakow und von Kostendil) soll eine nicht unbeträchtliche Quantität Eisen gewonnen werden. In Bosnien, bemerkt Hr. Boué, kommt in den Kalkgebirgen von Banjaluka viel Eisenerz, sowohl Spath- als Braun-Eisenstein vor. Bei Bosna Serai giebt es viel Schmelzöfen und auch Eisengießereien. Er erwähnt ferner: sowohl in Türkisch Kroatien als im Woinitza-Thale kommt reicher Brauneisenstein vor, woraus alles Bosnische Roh- und Schmiede-Eisen dargestellt wird. Woinitza, Stari-Maidan, Kamenograd und Maidan bei Simar sind die Haupt-Eisengruben und Eisenhütten. Die im Balkangebirge vorkommenden Eisen-

erze werden mit denen in Steyermark verglichen. — Diese kurzen und wenig befriedigenden Angaben zeigen nur, wie wenig der Mineralreichthum in der Türkei bis jetzt zur Benutzung gekommen ist.

Die Türkei erhielt früher einen großen Theil ihres Eisenbedarfs aus Schweden. Jetzt sind es vorzüglich England, Oesterreich (Steyermark, Kärnthen und Krain) und Rußland, welche dem Lande Eisen und Eisenwaaren zuführen.

Oesterreichische Monarchie.

In den mehrsten Provinzen dieses Staates sind Bergbau und Hüttenbetrieb uralte Gewerbe, denen dort ein höheres Alter als in den anderen deutschen Ländern zugeschrieben werden muß. Auch das Eisenhüttenwesen scheint sich im südlichen Deutschland früher als im westlichen entwickelt zu haben. Die Beschaffenheit der Erze und ein wohl erworbener guter Ruf der Produkte einerseits, so wie der Mangel an Steinkohlen andererseits, haben Veranlassung gegeben, daß man in manchen Provinzen in der Verfahrungsart bei der Darstellung des Eisens, besonders des Stahls, keine wesentliche Veränderungen vorgenommen hat, und daß die Größe der jährlichen Eisenerzeugung, eine gewisse, durch die Leistungen der Wälder bestimmte Gränze, nicht sehr bedeutend mehr überschreiten kann. Dennoch ist in neueren Zeiten der Frischprozeß in Flammenöfen bei Holz hier und dort in Anwendung gekommen, auch hat man angefangen den Betrieb der Stücköfen mehr zu beschränken und Hohöfen anzuwenden. Durch die gute Beschaffenheit der Eisenerze wird das Gewerbe in vielen Provinzen bedeutend erleichtert und unterstützt.

Ungern. Luppenfeuer und kleine Blaseöfen, die in früheren Zeiten zur Eisendarstellung gedient haben mögen, sind in Ungern nicht mehr vorhanden. Ueberall bedient man sich der Hohöfen zum Verschmelzen der Erze, und erzeugt nur graues Roheisen, welches in Frischheerden, durch die so genannte Ju-

denfrischarbeit (Anlaufarbeit) zu Stabeisen verarbeitet wird. Brauneisenstein und etwas Spatheisenstein sind diejenigen Eisenerze, welche in Ungern vorzugsweise verarbeitet werden. In Nieder-Ungern sind die Königlichen Hüttenwerke Rhonitz, Mittelwald und Theisholz, zu denen noch mehre Frischhüttenwerke gehören, besonders Rhonitz, von Wichtigkeit. Im Banyer District sind es die Eisenhütten zu Strimbul und Olah-Lapos; in Siebenbürgen Vajda-Hunjad mit den zugehörigen Hüttenwerken, und im Bannat die Eisenhüttenwerke Bockschan und Röschitza. Eine starke Eisenproduktion findet statt im Gömörer Comitat, in welchem sich die Hradecker Hüttenwerke auszeichnen; ferner auch im Zipser, Abaujwarer, Biharer, Unghwarer, Neograder und Eisenburger Comitat. Die Angaben über die jährliche Eisenproduktion Ungerns sind unzuverlässig und ungenau. Es sollen in Ungern und Siebenbürgen jährlich 270,000 Ct. Stabeisen gewonnen werden, wovon 70,000 Ct. für Siebenbürgen in Rechnung kommen. Diese Summen sind aber wahrscheinlich um ein Bedeutendes zu groß.

Gallizien und Lodomerien. In diesen Provinzen werden vorzugsweise nur Sphärosiderite verschmolzen und zwar lediglich in Hohöfen. Man giebt die Größe der Produktion zu 40,000 Ct. jährlich an; bestimmte Angaben sind jedoch nicht vorhanden. Auf dem Eisenhüttenwerk bei Neumark, an der Ungerschen Gränze, wird Spatheisenstein verschmolzen, von den mächtigen Spatheisensteinlagern am Nordabhange der Karpathen.

Oesterreichisch Schlesien und Teschen. Auch in diesen Landestheilen werden nur Sphärosiderite verschmolzen. Die Größe der jährlichen Produktion mag jetzt über 30,000 Ct. Stabeisen betragen. Eine neue Puddlingsfrischhütte unweit Troppau, auf welcher die in der Nähe vorkommenden Steinkohlen zum Betriebe der Oefen verwendet werden, ist vortrefflich eingerichtet und liefert gewalzte Schienen zu Eisenbahnen.

Mähren. Es werden theils Roth- und Braun-Eisen-

stein aus der Grauwackenformation, theils Sphärosiderite verschmolzen, und zwar in Hohöfen die graues Roheisen liefern, welches in gewöhnlichen Heerden verfrischt wird. Die Hüttenwerke zu Blansko, Adamsthal, Friedland, Janowitz, Wernsdorf und Borowetz werden als die vorzüglichsten, und die jetzige jährliche Stabeisenfabrikation in der Provinz zu 70,000 Cent. angegeben.

Böhmen gewinnt seine Eisenerze aus allen Gebirgsformationen und verschmelzt Roth-, Braun- und Spath-Eisenstein aus dem Ur- und Uebergangsgebirge, und Sphärosiderite aus dem Flötzgebirge. Im Berauner und Pilsener Kreise findet die stärkste Eisenproduktion statt. Man wendet in Böhmen nur Hohöfen an und erzeugt in der Regel graues Roheisen, welches in gewöhnlichen Heerden verfrischt wird. Bei einigen Hohöfen hat man mit Erfolg angefangen sich eines Zusatzes von unverkohltem Holz zu den Holzkohlen zu bedienen. Das Hüttenwerk zu Horzowitz im Berauner Kreise ist das ausgedehnteste und liefert in mehren Hohöfen nicht blos Roheisen zum Verfrischen, sondern auch zum Bedarf für die dortige, sehr bedeutende Gießerei. Die Zahl der Hohöfen in Böhmen wird zu 46, und die jährliche Stabeisenfabrikation, von Schreyer, zu 194,100 Ct. angegeben.

Salzburg. In dieser Provinz werden Brauneisensteine aus einer jungen Kalkformation, verarbeitet, die das Urschiefergebirge unmittelbar überlagert. Die bedeutendsten Eisenhüttenwerke sind Flachau und Werfen. Die Erze werden in Blauöfen geschmolzen und des Hart- und Weich-Zerrennprozesses bedient man sich zum Verfrischen des — mehrentheils vorher gebratenen — Roheisens. Die jährliche Stabeisenfabrikation von Salzburg beträgt etwa 15,000 Ct.

Illyrien. Die Provinz Krain erzeugt wenig Eisen und verarbeitet größtentheils Kärnthner Flossen. Es befinden sich in Krain nur 4 Blauöfen, zu Sava, Jauerburg, Feistritz in Ober-

Krain, und zu Hof in Unter-Krain. Das gewonnene Roheisen wird größtentheils zu Rohstahl (Brescian) verwendet. Kärnthen producirt dagegen wenigstens 260,000 Ct. Roheisen, in 16 Blauöfen, von denen sich 4 in Ober-Kärnthen und 12 in Unter-Kärnthen befinden. Unter den letztern zeichnet sich besonders der Blauofen zu Treibach aus, welcher allein jährlich gegen 50,000 Ct. Roheisen liefert. Fast alle Erze, welche in Kärnthen verschmolzen werden, kommen aus einer Kalksteinformation, welche zu den jüngeren Formationen zu gehören scheint und das Schiefergebirge überlagert. Man gewinnt nur Braun- und Spath-Eisenstein, welche das Material zu dem vorzüglichen Kärnthner und Krainer Stabeisen und Rohstahl liefern. Besonders berühmt ist die reiche Erzniederlage bei Hüttenberg, der so genannte Knappenberg. Die Hüttenwerke welche von dieser Erzniederlage ihre Erze beziehen, rechnen sich zu den Haupteisenwurzen, d. h. zu denen welche Roheisen von ganz besonderer Güte liefern. Bei der Verarbeitung des Roheisens zu Rohstahl wendet man die Brescianarbeit an. Bei der Stabeisenerzeugung aus Roheisen sind das Blattheben am Zerrennheerd, die Kartitscharbeit, die Steirische Einmalschmelzerei mit gebratenen und ungebratenen Flossen, und die Sintermanipulation eingeführt. Die Oefen müssen daher ein mehr graues als weißes Roheisen erzeugen. Kärnthen und Krain verfeinern aber auch einen großen Theil des erzeugten Stabeisens und Rohstahls zu Sensen, Sicheln, Strohmessern, Pfannen und Blechen, und zu feinen Stahlsorten, wodurch das Eisenhüttengewerbe für Illyrien erst recht wichtig wird. Im Jahr 1828 betrug die Produktion in Krain: 18,751 Ct. Stabeisen, 14,584 Ct. feinen und 497 Ct. groben Stahl; und in Kärnthen: 141,484 Ct. Stabeisen, 30,852 Ct. feinen und 23,109 Ct. groben Stahl. Ganz Illyrien lieferte also 229,358 Ct. Stabeisen und Stahl, ein Produktionsquantum, welches auch mit dem augenblicklich noch statt findendem übereinstimmen wird. Es gehört zu der

Eigenthümlichkeit des illyrischen Eisenhüttenwesens, bei dem Betriebe der Blauöfen kein weißes, sondern ein mehr graues Roheisen zu erzeugen, und dieses, entweder unmittelbar bei dem Blauöfen, oder nach erfolgtem Umschmelzen im Zerrennheerde, in Scheiben zu reißen. Nur allein in der Gegend von St. Veit in Kärnthen befolgt man das Steyrische Verfahren und erzeugt blumig-luckige Flossen. Zwischen Klagenfurth und Cilly, in der Herrschaft Bleiburg, ist vor einigen Jahren eine Puddlingsfrischhütte mit Walzwerken angelegt, wobei man sich der vortrefflichen dort vorkommenden Braunkohlen als Brennmaterial bedient und Eisenbahnschienen für die Nordbahn u. s. f. anfertigt.

Steyermark ist diejenige Provinz des Oesterreichischen Staates, welche am mehrsten Eisen und in vorzüglicher Güte liefert. Die Größe der jährlichen Roheisenerzeugung kann zu 450,000 Ct. angenommen werden, zu welcher Produktion die Oefen von Vordernberg und Eisenerz allein 300,000 Ct. beitragen. Ein Theil des gewonnenen Roheisens wird im Lande ob der Ens zu Stabeisen und Stahl verarbeitet und verfeinert. Von 37 in Steyermark vorhandenen Oefen befinden sich nur 3 in Unter-Steyermark, wo das Eisenhüttengewerbe nicht bedeutend ist. In Ober-Steyermark sind im Judenburger Kreise 6 Oefen vorhanden, unter denen der zu Turrach besonders zu nennen ist, und im Brucker Kreise 27 Oefen, von denen 14 zu Vordernberg und 5 zu Eisenerz (darunter jedoch 2 oder 3 nicht mehr im Betriebe), ferner 3 Oefen zu Mariazell, 2 zu Neuberg und 3 minder bedeutende. Ueberall verschmelzt man nur Braun- und Spatheisenstein, welche gang- und lagerartig in dem jüngeren Flötzkalk vorkommen, dessen unmittelbares Liegendes das Urschiefergebirge ist. Aber in dem Erzberge und in einigen anderen Bergen bei Eisenerz, ist ein so großer Reichthum von Eisenerzen niedergelegt, daß sich das lagerartige Vorkommen desselben im Kalkstein gar nicht erkennen läßt, indem die ganze Masse des 2380 Fuß über der Thalsohle sich erhebenden Erzberges aus

Spatheisenstein zu bestehen scheint, dessen Liegendes Urschiefer zu seyn scheint. Ueber das Alter des Bergbaus, den man bis in das 8. Jahrhundert zurückgeführt hat, fehlt es an zuverlässigen Nachrichten. Nur die 3 Oefen zu Mariazell arbeiten mit offener Brust; alle übrigen sind Blauöfen, deren Höhe von 36 bis 16 Fuß differirt. Das Scheibenreißen bei dem Hohofen findet in Steyermark nur auf einzelnen Hüttenwerken, und ausnahmsweise in solchen Fällen statt, wenn durch zu leichte Gichten graues Roheisen erzeugt wird. In der Regel gewinnt man nur blumige oder luckige Flossen. Eigentliche Spiegelflossen werden absichtlich nirgends erblasen, sondern selbst bei den höchsten Blauöfen sucht man den Gang so einzurichten, daß man blumige Flossen erhält. Luckige Flossen werden vorzugsweise in Vordernberg dargestellt; die hohen Blauöfen in Eisenerz und Neuberg gestatten nicht einen so übersetzten Gang des Ofens. Auf den mehresten Hütten erzeugt man blumige Flossen, die sich den luckigen nähern. Nur zu Mariazell wird in der Regel, und zu Neuberg in gewissen Fällen, graues Roheisen erblasen, weil die Produktion der Mariazeller Oefen zum großen Theil zur Anfertigung von Gußwaaren verwendet wird. Bei der Verarbeitung des Roheisens zu Stabeisen bedient man sich der Steyerschen Einmalschmelzarbeit. Die luckigen Flossen von Vordernberg werden gar nicht vorbereitet, die blumigen Flossen aber vorher gebraten. Nur im südlichen Theil von Ober-Steyermark bedient man sich, statt der Flossen, der unmittelbar beim Ofen gerissenen Scheiben, wie in Kärnthen. Diese werden dann ebenfalls vor dem Verfrischen gebraten. Auf denjenigen Hütten, welche graues Roheisen erzeugen (Mariazell, Neuberg), wird die Hart- und Weichzerrennarbeit angewendet, sowohl diejenige, welche in Kärnthen unter dem Namen des Blattlhebens am Zerrennheerd bekannt ist, als diejenige, welche die Kartitscharbeit genannt wird. Zur Rohstahlbereitung wendet man blumige Flossen an, welche in den Heerden (in den dort so genannten

Hartzerrennheerden) nur einmal eingerennt, und als fertiger Rohstahl ausgebrochen werden. Bei dieser eigenthümlichen Stahlarbeit erhält man guten Stahl, Mittelstahl und stahlartiges Stabeisen, weshalb auch ein sorgfältiges Sortiren des erhaltenen Produktes nothwendig ist. Die jährliche Produktion von Steyermark beträgt, außer 9 bis 10,000 Centnern Gußwaaren unmittelbar aus den Hohöfen, etwa 365,000 Cent. Stabeisen und Rohstahl, mit Einschluß der Produktion im Lande ob der Ens aus Steyrischem Roheisen.

Tyrol verschmelzt Braun- und Spatheisenstein, welche auf Gängen im Schiefergebirge und im Kalksteingebirge gewonnen werden. Die Verschmelzung geschieht in niedrigen Oefen (Blauöfen) mit geschlossener Brust, in welchen theils blumige, theils auch luckige Flossen erzeugt werden. Das weiße Roheisen wird zu Stabeisen und zu Rohstahl verarbeitet. Die vorzüglichsten Hüttenwerke liegen im Thale Pillersee und im Zillerthale zu Kleinboden. Die Eisenfabrikation in Tyrol ist so alt, daß man auf die ersten Anfänge derselben nicht zurückgehen kann. Die Größe der jährlichen Produktion wird zu 6000 Centnern Stabeisen und 1500 Centnern Rohstahl angegeben. Die Eisenhütten befinden sich zu Pillersee, Jenbach und Kastengstadt.

Lombardei Venedig. Es sind die drei Delegationen Sondrio, Bergamo und Brescia, welche aus Spatheisenstein und Rotheisenstein eine nicht bedeutende Menge Stabeisen und etwas Rohstahl liefern. Die Erze werden in Hohöfen geschmolzen und das Roheisen wird in Heerden zu geschmiedetem Eisen verarbeitet. In der Delegation Sondrio befinden sich Eisenhütten zu Premadio, Cedrasso, Sondrio und Masino. Der Brescianstahl hat seinen Namen nicht daher, weil er in Brescia angefertigt, sondern weil er aus Illyrien über Triest und Venedig nach Oberitalien gebracht wird. Die ganze jährliche Produktion an geschmiedetem Eisen in der Lombardei Venedig mag die

Summe von 15,000 Centnern nicht übersteigen, indeß sind die Angaben wenig zuverläßig.

Stellt man die Produktionsquantitäten der verschiedenen Provinzen des österreichischen Kaiserstaates zusammen, so ergiebt sich für diese Monarchie folgende Gesammtproduktion an Stabeisen und Stahl:

Ungarn	jährlich	. . . . .	270,000	Centner
Gallizien	—	. . . . .	40,000	—
Oesterr. Schlesien	—	. . . . .	30,000	—
Mähren	—	. . . . .	70,000	—
Böhmen	—	. . . . .	194,000	—
Salzburg	—	. . . . .	15,000	—
Illyrien	—	. . . . .	230,000	—
Steyermark	—	. . . . .	365,000	—
Tyrol	—	. . . . .	7,500	—
Lombardei Venedig	—	. . . . .	15,000	—
			1,236,500	Centner.

Diese Summe stimmt zwar nicht mit den Angaben, welche man in manchen geographisch-statistischen Handbüchern findet, indeß mögte sie der Wahrheit doch so nahe kommen, als es bei Angaben solcher Art überhaupt nur möglich ist. Besonders findet man die Größe der jährlichen Produktion in Böhmen, Illyrien und Steyermark, häufig bedeutend höher angegeben, als sie hier mitgetheilt worden ist; allein jene Angaben sind nur das Resultat einer Berechnung, welches sich ergiebt, wenn man die — vorausgesetzt richtige — Anzahl der Hohöfen oder Blauöfen, mit der möglichen Leistung eines Ofens multiplicirt. Die Zahl 1,250,000 bis 1,300,000 Centner mögte die Größe der jährlichen Produktion an Stabeisen und Rohstahl in den Provinzen des österreichischen Staates am richtigsten bezeichnen, obgleich in einem einzelnen Jahr eine größere Produktion eintreten kann, wenn besondere Bedürfnisse zu befriedigen sind, z. B. die Anfertigung von Schienen zu den Eisenbahnen, durch

welchen Umstand auch in den jüngst verflossenen Jahren die Produktion nicht unbedeutend höher ausgefallen seyn mag, als sie hier angegeben worden ist.

Toscana.

Alles Eisen, welches im Großherzogthum Toscana bereitet wird, erfolgt aus dem Magnet- und Roth-Eisenstein, welchen die zu Toscana gehörige Insel Elba liefert. Auf Elba selbst ist vielleicht niemals Eisen gewonnen worden, dagegen hat die Insel schon seit Jahrtausenden ihre Schätze gespendet, um Corsika und die Küstenländer von Genua bis Neapel mit Erzen zu versorgen. Die unerschöpfliche Erzmasse von Rio befindet sich auf der, der Küste Italiens zugewendeten Seite der Insel, in der Nähe des Meeres. Ein Transport von höchstens ¼ Meile Länge von der Grube bis zum Meeresgestade erleichtert die Versendung der Erze. Im Durchschnitt läßt sich die Menge Erz, welche Elba an die Küstenländer Italiens sendet, zu 380,000 Centner Preuß. Gewicht jährlich annehmen, wovon Toscana 212,000 Centner, Genua 90,000, der Kirchenstaat 45,000, und Neapel 33 bis 34,000 Centner erhalten. Der Bedarf von Corsika ist jetzt sehr unbedeutend und mag kaum 5000 Centner jährlich betragen. Mit Ausnahme von Toscana werden die Erze in Rennheerden unmittelbar auf Stabeisen verarbeitet.

Toscana verschmelzt die Erze von Elba in Hohöfen (Ann. des mines. XVI. 3.), deren sich jetzt vier in dem Lande befinden, zu Cecina, Follonica, Valpiana und Pescia. Man erzeugt weißes und halbirtes Roheisen für die Frischheerde und graues Roheisen für die Anfertigung von Gußwaaren. Die jährliche Roheisenproduktion wird zu etwa 120,000 Centnern Preuß. angegeben, wovon ein kleiner Theil zu Gußwaaren verwendet, ein anderer Theil in Heerden zu Stabeisen umgeändert und ein dritter Theil ins Ausland versendet wird. Die Erze werden geröstet, ehe sie

den Hohöfen übergeben werden. Die Oefen haben eine Höhe von 22 bis 25 Fuß. Die große wöchentliche Produktion (über 1000 Centner bei einem guten Gange der Oefen, die aber einige Monate im Laufe des Jahres nicht im Betriebe sind) ist der vortrefflichen Beschaffenheit der Erze zuzuschreiben. Man hat jedoch auch schon eine Anwendung von dem erhitzten Winde gemacht und dadurch eine ansehnliche Kohlenersparung bewirkt. Der Frischprozeß ist unvollkommen und von Herrn Garella (a. a. O. S. 65.) beschrieben. Das Roheisen wird in einem und demselben Heerde zweimal geschmolzen und beim ersten Einschmelzen in einem halbgefrischten Zustand versetzt, so daß erst beim zweiten Niederschmelzen und damit verbundenen Ausschmieden der Eisenmassen von der vorigen Arbeit, das fertige Stabeisen erhalten wird. Die Größe der jährlichen Stabeisengewinnung in Toscana mag etwa 70,000 Centner betragen.

Savoyen.

Dies Land ist im Besitz großer Reichthümer von Spatheisenstein, welche auch an verschiedenen Orten gewonnen und in Hohöfen bei Holzkohlen auf Roheisen verschmolzen werden. Das Verfrischen des Roheisens zu Stabeisen oder auch zu Rohstahl, geschieht in gewöhnlichen Frischheerden. Der Spatheisenstein bildet oft sehr mächtige Gänge im Schiefergebirge, häufig aber auch in dem Kalksteingebirge, welches das Schiefergebirge bedeckt. Man rechnet, daß in Savoyen 13 bis 14 Hohöfen und 30 Frischfeuer ihr Material durch diesen Spatheisenstein erhalten. Ein sehr mächtiger, Spatheisenstein führender Gang wird zu St. Georges d'Huretières bebaut und größtentheils auf Rohstahl benutzt Die Produktion von Stabeisen und Rohstahl in Savoyen war, zur Zeit der neuesten französischen Occupation, nicht höher als 21,000 Centner jährlich. Ob sie sich seitdem vergrößert haben mag, ist nicht bekannt.

In Piemont wird in den Thälern von Sesia und Aosta,

und in vielen anderen, ebenfalls auf Spatheisenstein gebaut; vorzüglich aber zu Cogni und Traversella Magneteisenstein gewonnen, welcher mehr als 50 Katalonische Rennheerde beschäftigt. Dieser Magneteisenstein soll ein sehr mächtiges Lager bilden, welches durch offene Tagearbeiten abgebaut wird. Außerdem rechnet man aber in Piemont über 30 Hohöfen und mehr als 100 Frischfeuer. Die jährliche Erzeugung an Stabeisen und Stahl im Piemontesischen dürfte mindestens 129,000 Centner betragen.

Längs der Küste von Nizza, bis zur südöstlichen Gränze von Genua befinden sich Rennheerde, in welchen Magneteisenstein von der Insel Elba verarbeitet wird. Das Stabeisenquantum, welches die Küstenländer des jetzt zu Savoyen gehörigen Gebietes jährlich liefern, ist nicht unbedeutend und dürfte wohl 30,000 Centner jährlich betragen.

Die Insel Sardinien soll, nach der Angabe von Azuni, reiche Eisenerze besitzen, die früher zu Teulada, Arsana, Strizali, Oristan, Bosa, Seneghe, Oriva und an andern Punkten benutzt worden sind. Jetzt findet auf dieser Insel weder eine Eisenproduktion noch eine Gewinnung von Eisenerzen statt.

In dem zum Königreiche gehörenden Ländergebiete würde die jährliche Eisenproduktion also etwa 170 bis 175,000 Centner, sowohl an Stabeisen als an Rohstahl betragen.

Parma.

Man giebt das Hüttenwerk Campiano an, welches mit 1 Hohofen und 2 Frischfeuern jährlich gegen 2000 Centner Stabeisen liefern soll.

Modena.

Das aus 1 Hohofen und 2 Frischfeuern bestehende Hüttenwerk Castelnuovo di Garfagnana, am Sarchio, soll jährlich etwa 2000 Centner Stabeisen erzeugen.

Kirchenstaat.

In den Landestheilen auf der östlichen Seite der Apenninen findet weder eine Eisenerzgewinnung noch eine Eisenfabrikation statt. England und Oesterreich versorgen diese Länder mit Eisen. Auch die Landestheile auf der westlichen Seite der Apenninen erhalten den größten Theil ihres Eisenbedarfs vom Auslande. Nur längs der Küste befinden sich Luppenfeuer, welche ihre Erze von Elba beziehen. Man rechnet, daß die jährliche Stabeisenfabrikation 16 bis 18,000 Centner betragen soll.

Neapel.

Nur zu Pazzano bei Stilo in Kalabrien werden Eisenerze, — Brauneisenstein im Kalkgebirge — gewonnen und zu Mongiana, etwa 4 Stunden von den Gruben von Pazzano entfernt, verschmolzen. Das Hüttenwerk zu Mongiana besteht aus einem Hohofen und 1 oder 2 Frischheerden. Der größte Theil des Roheisens wird zu Gußwaaren, namentlich zu Geschützen und zu Munition verwendet. Die jährliche Produktion mag 7 bis 8000 Centner betragen, wovon 5 bis 6000 zu Gußwaaren verwendet werden, so daß die jährliche Stabeisengewinnung nur ein paar hundert Centner beträgt. Dies ist die ganze Eisenproduktion des Königreichs Neapel, denn auch Sicilien bewahrt seine Schätze für eine glücklichere Zukunft auf, der diese beklagenswerthen Länder entgegensehen. — Längs der Westküste von Neapel befinden sich jedoch noch Luppenheerde, welche ihren Erzbedarf von der Insel Elba beziehen und jährlich etwa 12,000 Centner Stabeisen liefern mögen.

Die Größe der jährlichen Eisenfabrikation in Deutschland wird sich am Besten übersehen lassen, wenn man der politischen Eintheilung des Landes folgt, also die Eisenfabrikation in jedem einzelnen Staate besonders betrachtet. Von den kleineren Staaten sind indeß nur durchaus unzuverlässige, und auch nur von wenigen der größeren Staaten zuverlässige Nachrichten vorhanden.

Baden.

Im Großherzogthum Baden ist man in der neueren Zeit sehr bemüht gewesen, die Mängel früherer Betriebseinrichtungen zu verbessern, besonders aber die Hitze zu benutzen, welche bei Hohöfen und bei den Frischheerden unbenutzt verloren geht. Die Hohöfen sind fast sämmtlich mit Vorrichtungen zum Erhitzen des Windes versehen, und bei den Frischheerden ist sehr häufig die Einrichtung getroffen, die Flamme zum Anwärmen des zu verfrischenden Roheisens, vor dem Einschmelzen desselben, zu benutzen. Man verschmelzt größtentheils Erze aus der Juraformation, sogenannte Bohnen- und Linsenerze, theils Brauneisenstein, theils Sphärosiderite, theils Eisensilicate. Es befinden sich jetzt 7 Hohöfen im Lande, zu Albdruck bei Waldshut, zu Hausen bei Schopfheim, zu Kandern, zu Oberweiler bei Mühlheim, zu Wehr bei Säckingen, zu Ziezenhausen bei Stockach und zu Pforzheim. Sodann zählt man 54 Frischhüttenwerke, theils in der Nähe der Hohöfen, theils für sich bestehend. Man erzeugt mehrentheils graues Roheisen, welches in gewöhnlicher Art verfrischt wird, nämlich in Heerden, bei Holzkohlen. Ein nicht unbedeutender Theil des Roheisens wird sogleich zu Gußwaaren verwendet, zum Theil aber auch in Kupoloöfen (Hausen) umgeschmolzen, wenn kleinere Gußwaaren angefertigt werden sollen, die nicht unmittelbar aus dem Hohofen gegossen werden. In den Hohöfen werden jährlich im Durchschnitt 135 bis 140,000 Centner Roheisen erblasen und die jährliche Stabeisenfabrikation des Großherzogthums beträgt durchschnittlich 95,000 Centner. Das Stabeisen wird wegen seiner Güte gerühmt und zum Theil nach der Schweiz (Basel, Zürich, Lausanne), versendet.

Würtemberg.

Auch im Königreich Würtemberg werden nur Erze aus der Juraformation verschmolzen. Die Verschmelzung geschieht in Hohöfen bei Holzkohlen. Obgleich nach der bestehenden Landes-

verfassung die Roheisenerzeugung ein Reservat der Regierung ist und den Hüttenbesitzern nur das Recht zusteht, das Roheisen zu verfrischen und das Stabeisen durch Verfeinerung höher zu verwerthen; so hat diese, der Industrie nachtheilige, Einrichtung doch keinesweges einen üblen Einfluß auf die Fortschritte des Eisenhüttenwesens ausgeübt. Man darf wohl sagen, daß man in ganz Deutschland nirgends so eifrig bemüht gewesen ist, Fortschritte in der Technik der Metallurgie des Eisens, so schnell und mit so günstigem Erfolge in Anwendung zu bringen, als in Würtemberg. Aber man hat es dabei nicht bewenden lassen, sondern es sind von verschiedenen Eisenhütten des Staats unmittelbar Fortschritte für die Technik ausgegangen, namentlich von Wasseralfingen, durch die Bemühungen des kenntnißvollen und eifrigen Vorstehers, des Hrn. Faber du Four. Die Benutzung der Hohofengäse und die Benutzung der bei den Schmelzprocessen verloren gehenden Wärme, ist durch die Thätigkeit dieses unterrichteten Mannes zu einem hohen Grade gesteigert worden und ihm hat die Technik des Eisenhüttenwesens einen neuen, höchst wichtigen Fortschritt zu verdanken, welcher wahrscheinlich geeignet ist, eine neue Periode in der Geschichte der Fortschritte des Eisenhüttenwesens zu bezeichnen.

Die Eisenhütten im Königreich Würtemberg werden nach ihrer geographischen Lage eingetheilt: 1) in die Schwarzwalder Hüttenwerke, 2) in die Kocherthaler und Brenzthaler Werke. Die Eisenerze bestehen in der Hauptsache aus Brauneisenstein und aus Eisensilicaten. Zu den Schwarzwalder Hüttenwerken werden gerechnet: Friedrichsthal, bei Freudestadt im Eingange des Murgthals. Es befinden sich auf dieser Hütte 1 Hohofen, 2 Rohstahlheerde, 2 Stahlraffinirfeuer, eine Sensenfabrik und ein Gußstahlofen. Ferner: Christophsthal, nur ½ Stunde von Friedrichsthal entfernt, mit 6 Frischfeuern und einigen Werkstätten zur Bereitung von Eisengeräthen. Sodann: Schramberg, 6 Stunden von Friedrichsthal, mit 2 Frischfeuern und 2 Kleineisenhäm-

mern. Endlich Ludwigsthal und Harras, bei Tuttlingen an der Donau, mit 2 Hohöfen, von denen aber nur einer betrieben wird, 2 Frischfeuern, 2 Kleineisenhämmern. Wichtiger sind die Kocherthaler und Brenzthaler Hüttenwerke, Wasseralfingen, Königsbronn, nebst dem ¼ Stunde davon entfernten Itzelberg, Abtsgemünd und Unterkochen. Wasseralfingen, das Hauptwerk im Würtembergischen, ¾ Stunden von der ehemaligen Reichsstadt Aalen entfernt, besteht aus 2 Hohenöfen, 2 Kupolöfen und einer Werkstätte zur Anfertigung von Maschinen. Besonderes Interesse gewährt dies Hüttenwerk, weil hier vor ganz kurzer Zeit durch Hrn. Faber die ersten gelungenen Versuche mit der Anwendung der Gichtengase vom Hohofen zum Puddlingsfrischen in Flammenöfen angestellt worden sind, weshalb das Verfrischen des Roheisens zu Stabeisen hier wahrscheinlich in Flammenöfen mit den Gichtengasen von den Hohöfen eingerichtet und als ein ganz neues Betriebs-Verfahren in Anwendung gebracht werden wird. Man verschmelzt Bohnenerze aus der Juraformation, welche Eisenoxydsilicate zu seyn scheinen. Die Erze werden nicht geröstet, aber gewässert. Die Gießerei zu Wasseralfingen hat eine bedeutende Ausdehnung. Zu Königsbronn befinden sich 1 Hohofen, 2 Flammenöfen zum Umschmelzen des Roheisens für die Eisengießerei, von denen der eine Holz und der andere Torf als Brennmaterial benutzt, 4 Frischfeuer und 2 Kleineisenhämmer. Das damit verbundene Itzelberg besteht aus 2 Frischfeuern, 1 Kleineisenhammer, 1 Eisenblechwalzwerk, 1 Kleineisenwalzwerk und 2 Glühöfen, welche mit Holz und Torf befeuert werden. Abtsgemünd, 2 Stunden unterhalb Wasseralfingen an der Kocher, besteht aus 5 Frischfeuern und 2 Kleineisenhämmern. Unterkochen, 2 Stunden oberhalb Wasseralfingen, an einem Seitenflüßchen (weiße Kocher) der Kocher, besteht aus 2 Frischfeuern, 1 Kleineisenfeuer und 1 Bandeisen-Walzwerk. Auf den Würtembergischen Eisenhütten befinden sich also 6 Hohöfen mit Gießereivorrichtungen, 2 Kupolöfen, 2 Flammenöfen, 24 Frischfeuer,

12 Kleineisenhämmer, 2 Rohstahlfeuer, 2 Rohstahlraffinirfeuer, 3 Walzwerke und eine Sensenfabrik. Die jährliche Fabrikation beträgt: 49,000 Centner Roheisen, 48,000 Centner Gußwaaren, 49,000 Centner Stab- und Kleineisen und 1000 Centner Schwarzblech. Die Anlage einer Puddlingsfrischhütte, wodurch der Frischhüttenbetrieb ganz umgeändert werden wird, ist nächstens zu erwarten.

Nassau.

Das Herzogthum Nassau ist im Besitz von vortrefflichen Eisenerzen, die größtentheils gang- und lagerartig im Grauwackenschiefergebirge vorkommen. Im Dillenburgischen werden Braun- und Spatheisensteine gewonnen und an der Lahn die Rotheisensteine, welche Lager im Grauwackenschiefer bilden. Die Verschmelzung geschieht in Hohöfen bei Holzkohlen. Ein großer Theil des Roheisens wird auswärts verkauft. Es befinden sich 19 Hohöfen im Lande; die Hohrheinerhütte mit 2 Hohöfen, die Ahlerhütte, die Nieverner Hütte mit 2 Oefen, die Christianshütte, die Max Saynerhütte, die Katzenellenbogenhütte, die Langeheckerhütte, die Michelbacherhütte, die Emmershäuserhütte, die Audenhütte, die Löhnbergerhütte, die Sinnerhütte, die Burgerhütte, die Heygerhütte, die Niederscheltener Hütte, die Steinbrücker Hütte und die Ebersbacher Hütte. Das Quantum Roheisen, welches diese Hütten jährlich produciren, ist zu 170,000 Centner anzunehmen. Darunter befindet sich auch Rohstahleisen, welches aber nicht im Lande verarbeitet, sondern nach den preußischen Rheinprovinzen versendet wird, welche auch einen großen Theil des Roheisens zur Stabeisenfabrikation ankaufen. Die sogenannte Siegener Einmalschmelzarbeit und die gewöhnliche deutsche Frischmethode, sind die im Nassauischen üblichen Verfahrungsarten beim Verfrischen. Schwerlich werden mehr als 60,000 Centner Stabeisen im Lande gewonnen, die zum großen Theil zu Band- und Schmiedeeisen weiter verarbeitet werden. Ein

Theil von dieser Fabrikation findet den Absatz nach der Schweiz. Die Fabrikation von Gußwaaren ist im Nassauischen bis jetzt noch nicht von Bedeutung.

Bayern.

Die Hüttenwerke im Isar- und im Regenkreise verschmelzen größtentheils Erze aus der Juraformation. Den Eisenhütten im Ober-Main-Kreise liefert das Fichtelgebirge die Erze, welche größtentheils aus Brauneisenstein, etwas Spatheisenstein und Rotheisenstein bestehen. Die Verarbeitung der Erze erfolgt in Hohöfen und die des Roheisens in gewöhnlichen Frischheerden, bei Holzkohlen. Nur im Rheinkreise, zu St. Ingbert, wird das Roheisen in Flammenöfen bei Steinkohlen verfrischt. Das Stabeisen dient zur Befriedigung des Bedarfes im Lande; es wird theilweise auch zu Blech, Drath und zu schwächeren Eisensorten verarbeitet. Ein Theil des Roheisens wird zu Gußwaaren verwendet, welche im Lande selbst Anwendung finden. Bayern exportirt kein Eisen, scheint aber bis jetzt auch des fremden Eisens noch nicht zu bedürfen. Es befinden sich in Bayern 71 Hohöfen (2 im Isarkreise, worunter Bergen; 22 im Regenkreise; 41 im Ober-Mainkreise, worunter Steben; 1 im Ober-Donaukreise; 1 im Unter-Mainkreise und 4 im Rheinkreise), welche jedoch nicht sämmtlich im Betriebe sind. Die Größe der jährlichen Roheisenerzeugung beträgt im Durchschnitt 180,000 Centner, wovon 15 bis 16,000 Centner zu Gußwaaren verwendet werden sollen. Die Angabe von 115,000 bis 120,000 Centner Stabeisen, die jährlich in Bayern dargestellt werden sollen, ist nicht genau.

Churhessen.

Durch Mittheilung zuverlässiger Nachrichten bin ich in dem Stand gesetzt, die Größe der Eisenproduktion in Churhessen, nach einem fünfjährigen Durchschnitt der Jahre 1835—1839, genau-

anzugeben. Es befinden sich in Churhessen 4 Hohöfen, zu Homberg, zu Rommershausen, zu Veckerhagen und zu Bieber. Homberg lieferte durchschnittlich in einem Jahr 6140,7 Cent. Roheisen, wovon 3927,9 Ct. zu Gußwaaren verwendet sind. Rommershausen 8609,2 Ct. Roheisen, worunter 4204,5 Ct. Gußwaaren; Veckerhagen 8198,8 Ct., worunter 6114,7 Ct. Gußwaaren, und Bieber 17,113,8 Ct., worunter 1696,3 Ct. Gußwaaren. Die ganze Erzeugung an Roheisen ist also durchschnittlich 40,062,3 Ct., worunter 15,943,2 Ct. Gußwaaren. Die Verfrischung des Roheisens findet nicht allein auf den genannten Werken, mit Ausnahme von Veckerhagen, sondern auch noch auf fünf anderen Hammerwerken statt. Nach einem 5jährigen Durchschnitt haben geliefert: Homberg 1878,5 Ct. Stabeisen, Rommershausen 1187,3 Ct. Stabeisen, Rosenthal 1055 Ct. Stabeisen, Obernurf 1225,6 Ct. Stabeisen, Fischbach 1353,9 Ct. Stabeisen, Lippoldsberg 3234,7 Ct. Stabeisen und 198,8 Ct. Zaineisen, Neubau 3860,1 Ct. Stabeisen und 1211,5 Ct. Zaineisen, und Bieber 2184,1 Ct. Stabeisen und 366,3 Ct. Zaineisen. Die jährliche Stabeisenproduktion ist also 17,756,8 Centner geschmiedetes Eisen, worunter 1777,6 Centner feinere Eisensorten. Die Hüttenwerke befinden sich in einem guten Betriebszustande; erhitzte Luft ist bei allen Hohöfen eingeführt und die Gebläse sind größtentheils nach den von Hrn. Henschel angegebenen Constructionen eingerichtet. Die genauere chemische Untersuchung der aus der Gicht der Oefen ausströmenden Gase ist in Deutschland zuerst auf diesen Hüttenwerken (Veckerhagen) durch Hrn. Bunsen vorgenommen worden. Der Betrieb findet bei Holzkohlen statt, jedoch ist auch ein Zusatz von unverkohltem Holz nicht unversucht geblieben. Zur Verschmelzung kommen Brauneisenstein, Bohnen- und Linsenerze. Der Stahlberg bei Schmalkalden liefert Spatheisenstein und sogenanntes Braunerz (basisches kohlensaures oxydirtes Eisen), jedoch großentheils für ausländische Hütten, namentlich auch für die Suhler

Blau- und Stück-Oefen. Der Bergbau ist uralt und wird auf einem stockwerkartigen mächtigen Gange getrieben, der auf der Gränze von Granit und Kalkstein aufsetzt. Die so eben angegebene jährliche Eisenproduktion bezieht sich nur auf diejenige, welche auf den Landesherrlichen Eisenhütten stattfindet. Privat-hüttenwerke, welche zur Erzeugung von Roheisen aus den Erzen berechtigt wären, giebt es, außer in der Herrschaft Schmalkalden, in Churhessen nicht. Aber die Größe der Roheisenerzeugung auf den Privat-Eisenhütten in der Herrschaft Schmalkalden kann jährlich zu etwa 20,000 Centnern angenommen werden. Landesherrliche Hüttenwerke sind in Schmalkalden nicht vorhanden. Gußwaaren werden dort nicht angefertigt, sondern das Roheisen wird theils als solches verkauft und ins Ausland gebracht, theils in Schmalkalden selbst zu Stabeisen verarbeitet. Man rechnet die Größe der jährlichen Stabeisengewinnung im Schmalkaldischen zu 9 bis 10,000 Centnern.

Hessen und bei Rhein.

Es fehlen mir alle Angaben über die Ausdehnung des Eisenhüttengewerbes in den zu Hessen-Darmstadt gehörenden Landestheilen. Die Hohöfen zu Biedenkopf, Büdingen, Battenberg, Michaelsdorf versorgen die Frischhütten mit Roheisen, jedoch werden noch einige tausend Centner Gußwaaren angefertigt. Ob die Angabe der — wie es scheint, zu geringe beurtheilten — jährlichen Produktion von 12,000 Centnern Stabeisen richtig sey, vermag ich nicht zu prüfen.

Holstein-Oldenburg.

Nur in dem zum Großherzogthum gehörenden Landestheil am linken Rheinufer, findet bei Birkenfeld eine Eisengewinnung statt, nämlich auf der Eisenhütte zu Buus, wo jährlich 10 bis 12,000 Centner Roheisen erzeugt und größtentheils zu Gußwaaren verwendet werden.

Waldeck.

Die Eisenproduktion des Fürstenthums ist mir nicht bekannt; sie wird zu 6000 Centner Stabeisen jährlich angegeben.

Anhaltische Länder.

Nur allein im Herzogthum Anhalt-Bernburg befindet sich das Hüttenwerk zu Mägdesprung, welches Braun- und Spatheisenstein, auch etwas Rotheisenstein verarbeitet. Die Produktion besteht aus Gußwaaren, Stabeisen und Rohstahl. Die Erze werden im Hohofen bei Holzkohlen verschmolzen. Zur Verschmelzung der Spatheisensteine bediente man sich eines niedrigeren Hohofens mit geschlossener Brust, um Roheisen zu Rohstahl zu erzeugen. Die jährliche Produktion soll 4000 Ct. Gußwaaren, 6000 Ct. Stabeisen und 400 Ct. Rohstahl betragen.

Schwarzburgische Länder.

Auf den Hüttenwerken zu Günthersfeld, so wie auf den Hütten im Schwarzathal (Katzhütte und einigen kleineren Hütten) sollen jährlich 14 bis 15,000 Centner Stabeisen gewonnen werden.

Reußische Länder.

Die Hüttenwerke zu Burgk, Benningengrün, Gabegottes, Heinrichshütte, sollen jährlich gegen 12,000 Centner Stabeisen produciren.

Sächsische Herzogthümer.

Im Weimarschen Antheil findet eine Eisenfabrikation nur bei Ilmenau statt. Im Gothaischen werden zu Friedrichsrode und Walstedt Brauneisensteine verschmolzen, vorzüglich auch zu Luisenthal, wo man sich zum Theil des Schmalkaldener Erzes bedient. Im Meinungenschen findet Eisenfabrikation, ebenfalls größtentheils aus Schmalkaldener Erzen, in der Gegend von

Steinbach und im Unterlande statt. Im Koburg-Saalfeldischen befinden sich mehre zerstreute kleine Eisenhüttenwerke. Die jährliche Produktion in den sämmtlichen Herzogthümern mag die Summe von 30 bis 52,000 Centner Stabeisen erreichen.

Königreich Sachsen.

Es befinden sich 19 bis 20 Hohöfen im Lande, zum größten Theil concentrirt in dem südwestlichen Landestheil, zwischen Schneeberg und Johanngeorgenstadt. Auf einigen Hütten, — namentlich auf der Hütte Morgenröthe, — findet die Anwendung von erhitzter Gebläseluft statt. Man ist gerade jetzt damit beschäftigt, das Eisenhüttengewerbe durch Anwendung von Steinkohlen zu heben. Das Roheisen wird theilweise zu Gußwaaren verwendet und man ist bemüht, den Gießereien durch Flammen- und Kupoloöfen eine größere Ausdehnung zu geben. Das Verfrischen des Roheisens findet in deutschen Heerden bei Holzkohlen statt. Das Stabeisen wird im Lande zu Blechen, zu Drath und zu feineren Eisensorten verarbeitet, indeß hat Sachsen, durch die eigene Produktion, seinen Bedarf an Eisen bis jetzt noch nicht bestreiten können, weshalb es Eisen vom Auslande einzuführen genöthigt ist. Die Erze liefert zum größten Theil das Erzgebirge. Man verschmelzt Roth- und Brauneisenstein, auch etwas Spatheisenstein; diese Erze kommen auf Gängen im Schiefergebirge, häufig auf der Gränze desselben mit Granit, vor. Die Größe der jährlichen Roheisenproduktion kann jetzt durchschnittlich schon zu 95,000 Ct. angenommen werden, worunter sich etwa 25,000 Ct. Gußwaaren befinden. Die jährliche Fabrikation von Stabeisen ist bis auf 45,000 Centner gestiegen.

Braunschweig.

Die Eisenhütten im Herzogthum sind in den verschiedenen Landestheilen, aus welchen es besteht, zerstreut. Die Eisenhütten im Blankenburgischen verschmelzen Roth- und Brauneisen-

stein; die an der Weser Sphärosiderite. Die Hütten im Fürstenthum Blankenburg sind: Rübeland, Neuwerk, Altenbrak, Tanne, Zorge und Wiedz, von denen noch einige, zum Verfrischen des auf jenen Hüttenwerken erzeugten Roheisens bestimmte Hammerhüttenwerke abhängig sind. Ein nicht unbedeutender Theil der Roheisenproduktion wird zu Gußwaaren verwendet. Die Weserhütten sind die Carls- und die Wilhelms-Hütte, welche das Roheisen in Heerden verfrischen und keine Gußwaaren liefern. Die Holzmindner Hütte verarbeitet nur Roheisen von der Carls- und Wilhelmshütte zu Stabeisen. Die jährliche Eisenproduktion in dem Herzogthum beträgt etwa 18,000 Ct. Gußwaaren und 40,000 Ct. Stabeisen.

Außerdem besitzt aber Braunschweig, in Communion mit Hannover, noch die aus einem Hohofen und einem Frischfeuer bestehende Hütte bei Gittelde, die nur Spatheisenstein und Brauneerz verschmelzt, von Iberge bei Grund, weshalb dieser Ofen (der einzige im Harz, insoferne Mägdesprung nicht dazugerechnet wird) stahlartiges Roheisen liefert, welches zum Theil auf der Communionfrischhütte (Badenhausen) verarbeitet, theils an die einseitigen Hannoverschen und Braunschweigischen Hütten abgegeben wird. Gittelde erzeugt jährlich im Durchschnitt 7500 Ct. Hohofenprodukte und 1700 Ct. Stabeisen.

Hannover.

Auf den Oberharzischen Eisenhütten sind wahrscheinlich die ersten Versuche in Norddeutschland mit der Einführung der Hohöfen gemacht worden, wenigstens sind die Hohöfen auf dem Oberharz früher als in Böhmen und weit früher als in Sachsen bekannt gewesen. Das Harzer Eisenhüttenwesen ward stets mit besonderer Liebe gepflegt und war lange ein Muster für den Betrieb der Eisenhütten in Deutschland. Eine Eigenthümlichkeit in dem Bau der flachen Rasten haben die Harzer Hohöfen noch jetzt beibehalten, und noch jetzt kann die Verwaltung der

Hannoverschen und der Braunschweigischen Eisenhütten ein belehrendes Beispiel geben. Der günstige Einfluß wissenschaftlicher Kenntnisse auf die Fortschritte der Technik hat sich, wie Herr Hausmann (gegenwärtiger Zustand und Wichtigkeit des Hannoverschen Harzes, Göttingen 1832) mit Recht bemerkt, bei den Eisenhütten am Harz auf eine besonders erfreuliche Weise unzweideutig bewährt.

Der Hannoversche Harz (a. a. O. S. 185.) besitzt verschiedenartige Eisensteine und ihre Mannigfaltigkeit wird noch durch die Eisenminern vergrößert, welche in dem Flötzgebirge des benachbarten Landes vorkommen. Die Eisensteine sind aber weder durch ihren Gehalt noch durch ihre übrigen Qualitäten besonders vortheilhaft ausgezeichnet. Im Allgemeinen herrscht Rotheisenstein vor; aber der reine Glaskopf, der an 70 Procent Eisen enthält, macht davon nur einen kleinen Theil aus und bei weitem der mehrste Rotheisenstein ist so mit kiesel-, kalk-, thon- oder mergelartigen Fossilien innig vermengt, daß sein Gehalt im Durchschnitt etwa zu 30 bis 40 Procent angenommen werden kann, häufig aber weniger beträgt. Die Menge von Braun- und Gelbeisenstein ist im Verhältniß zum Rotheisenstein geringe. Da in jenem das Eisenoxyd im Zustande eines Hydrats sich befindet, so ist dadurch der Eisengehalt des reinen Erzes um 14½ bis 19 Procent geringer als bei dem reinen Rotheisenstein; er wird aber außerdem noch durch fremde, besonders kiesel- und thonartige Beimengungen vermindert. An nachtheilig einwirkenden Beimengungen sind am häufigsten: Schwefelkies, zuweilen Schwerspath, selten Kupferkies und Bleiglanz. Einige Erze scheinen auch Phosphorsäure zu enthalten. Der Mangel größerer Menge von Spath- und Brauneisenstein hat den Einfluß auf die Produktionen der Hannoverschen Eisenhütten, daß kein stahlartiges Roheisen erzeugt wird. Die durch Klaubarbeit gereinigten Erze werden vor dem Verschmelzen größtentheils geröstet. Als Brennmaterial bedient man sich der Holzkohlen. Erhitzte Gebläs-

lands ist in neueren Zeiten sowohl bei den Hohöfen als bei den Frischhütten in Anwendung gekommen. Der Verfrischungsprozeß ist der eigenthümliche Deutsche, in Heerden. Die in neuerer Zeit erbauten Hohöfen haben eine Höhe vom Bodenstein bis zur Gicht von 30 — 35 Fuß und eine Weite im Kohlensack von 7—8 Fuß, auch sind sie mehrentheils mit zwei einander gegenüberstehenden Formen versehen. Nächstdem hat man kräftigere Gebläse eingeführt und wendet mehrentheils eiserne Cylindergebläse an. Giessereien sind fast überall mit den Hohöfen verbunden und das zum Vergießen bestimmte Roheisen wird unmittelbar aus den Oefen entnommen; auf der Königshütte befindet sich indeß auch ein Kupolofen zum Verschmelzen des Roheisens. Das Stabeisen steht in dem Ruf von guter Beschaffenheit und wird theilweise unter Streckhämmern, Walz- und Schneidewerken, zu feineren Sorten verarbeitet. Blech- und Drathfabrikation findet ebenfalls statt. Zur Bereitung des Gußstahls auf der Sollinger Hütte bei Uslar ist man vor einigen Jahren gleichfalls geschritten.

Die Hannoverschen Eisenhütten sind unter vier Verwaltungen vertheilt. 1) Die Elbingeroder Eisenwerke, zu denen Rothehütte, Mandelholzer Hütte und Elender Hütte gehören. 2) Die Königshütte bei Lauterberg und die Steinrennerhütte. 3) In der Nähe von Clausthal, die Altenauerhütte, nebst der Silbernaaler Frischhütte. 4) Die Sollingerhütte, nebst dem Gußstahlwerk zu Uslar. — Diese Hüttenwerke enthalten zusammen: 6 Hohöfen, nebst dazu gehörigen Giessereien, 16 Frischfeuer, 3 Zain- und Reckhämmer, 1 Walz- und Schneidewerk, 1 Blechhammerwerk, 1 Drathziehwerk, 1 Rohstahl- und Raffinirstahlwerk und 1 Gußstahlhütte. Die Größe der Produktion auf den sämmtlichen Hannoverschen Eisenhütten beträgt jährlich im Durchschnitt aus den Hohöfen 70,000 Ct. (etwa 18,000 Ct. Gußwaaren, 20,000 Ct. Granulireisen und 32,000 Ct. Roheisen zum Verfrischen). Die Frischfeuer liefern 32,000 Ct. Stabeisen, und außerdem er-

folgen etwa 5000 Ct. Zain- und Reckeisen, 150 Ct. Drath, 500 Ct. Blech, 150 Ct. Stahl.

Außer diesen Königlichen Eisenhütten befinden sich im Königreiche Hannover noch einige kleinere Privathüttenwerke, unter welchen die Brabeckſche Hütte bei Dassel in der Nähe des Sollings die bedeutendste ist. Diese Hütten verwenden das Roheisen zum größten Theil zu Gußwaaren. Man kann rechnen, daß die Privathüttenwerke die Eisenproduktion Hannovers jährlich um 8000 Ct. Gußwaaren und 2500 Ct. Stabeisen vermehren.

Preußische Staaten.

Die Bergwerks-Verwaltung ist in fünf Hauptbergdistrikte getheilt, in den Brandenburg-Preußischen, den Schlesischen, den Sächsisch-Thüringischen, den Westphälischen und den Rheinischen. Diese Abtheilungen entsprechen mehr oder weniger vollständig den geographischen Gränzen der Ländertheile.

Der Zustand des Eisenhüttenwesens ist in diesen verschiedenen Distrikten, wie leicht zu erachten, ein sehr verschiedener. Der Brandenburg-Preußische Distrikt umfaßt Landestheile, in welchen bis jetzt kaum ein anderes Eisenerz als der Raaseneisenstein bekannt geworden ist. Dennoch findet in den eigentlichen Preußischen Provinzen eine ziemlich bedeutende Fabrikation von Stabeisen und auch von etwas Rohstahl statt. Der größte Theil des Materials besteht aus angekauftem altem Eisen, welches in gewöhnlichen Heerden bei Holzkohlen umgeschmolzen und unter Hämmern ausgeschmiedet wird. Die mehrsten Hämmer befinden sich in der Umgegend von Danzig, wo diese Fabrikation zuerst festen Fuß gefaßt und sich nun weiter nach Königsberg und in Hinterpommern in den Regierungsbezirk Cöslin verbreitet hat. Man kann rechnen, daß jährlich jetzt schon 50,000 Ct. Stabeisen und 1500 Cent. Rohstahl auf solche Art dargestellt werden, indem auch in den Regierungsbezirken Posen und Bromberg dies Verfahren Nachfolge gefunden hat.

Wiesenerze werden in Preußen nur auf einer einzigen Hütte — zu Wondolleck bei Johannisburg — verschmolzen. Das Roheisen wird größtentheils zu Gußwaaren verwendet; nur ein geringer Theil wird in einem gewöhnlichen Frischheerde zu Stabeisen geringerer Qualität verarbeitet. In Hinterpommern ist kein Hohofenbetrieb, aber in Vorpommern werden zu Torgelow, bei Stettin, ebenfalls Wiesenerze verschmolzen; das Roheisen wird bloß zu Gußwaaren verwendet. Schlesisches und ausländisches Roheisen wird sowohl zu Torgelow, als auf einigen andern Frischhütten in den Brandenburger Marken verfrischt, namentlich bei Neustadt-Eberswalde, wo sich auf der sogenannten Eisenspalterei eine bedeutende Fabrikation von schwarzem Eisenblech, unter Walzwerken mit Glühöfen, befindet, ähnlich wie zu Kutzdorf bei Küstrin. In der Neumark, in der Gegend von Landsberg, werden zu Vietz Wiesenerze verschmolzen; das Roheisen wird jedoch nur zu Gußwaaren verwendet. Zu Zanzhausen und Zanzthal verfrischt man Roheisen aus Schlesien und vom Auslande in gewöhnlichen Frischheerden, die mit Hämmern versehen sind. In dem Theil der Nieder-Lausitz, der jetzt zum Regierungsbezirk Frankfurth gehört, befinden sich verschiedene Hüttenwerke, die sich mit Verschmelzung von Wiesenerzen für die Gießereien beschäftigen (Rückenberg, Peitz u. s. f.), und einen Theil des erblasenen Roheisens auch in Heerden verfrischen.

Der Brandenburg-Preußische Distrikt liefert jährlich etwa 26,056 Ct. Gußwaaren unmittelbar aus den Hohöfen (außerdem aber noch 45,000 Ct. durch Umschmelzen des Roheisens auf größeren Gießerei-Anlagen; der kleineren, deren Produktion unbekannt ist,. nicht zu erwähnen), 66,646 Ct. Stabeisen und 1440 Ct. Rohstahl.

Luppenfeuer sind nur in der Lausitz in früheren Zeiten im Betriebe gewesen. In Preußen, Pommern und in den Brandenburger Marken ist der Eisenhüttenbetrieb ganz neu. In der Lausitz befanden sich schon im 15. Jahrhundert Luppenfeuer; wahrschein-

lich waren sie schon früher dort vorhanden. Der erste Hohofen (Peitz) ist im Jahr 1658 erbaut, nach einem Vorbilde der Harzer Hohöfen.

Schlesischer Distrikt. In Niederschlesien, besonders im Regierungs-Bezirk Liegnitz, findet ein lebhafter Hohofenbetrieb auf verschiedenen Hüttenwerken statt, die theils Wiesenerze, theils Erze aus der Juraformation (Eisensilicate und etwas Sphärosiderit) verschmelzen. Das Roheisen wird theils zu Gußwaaren verwendet, theils zu Stabeisen, in Heerden bei Holzkohlen, verfrischt. Man kann rechnen, daß in Niederschlesien jährlich 43—44,000 Cent. Roheisen, 32,000 Ct. Gußwaaren unmittelbar aus den Hohöfen und 40,000 Ct. Stabeisen gewonnen werden.

In Oberschlesien werden theils Brauneisensteine aus der Formation des Muschelkalks, theils Eisensilicate und Sphärosiderite aus der Steinkohlen- und Juraformation verschmolzen. Die Verschmelzung erfolgt nur allein in Hohöfen, theils bei Holzkohlen, theils bei Koaks. Es sind jetzt 80 Hohöfen in Oberschlesien vorhanden, von denen aber nur 11 mit Koaks entweder schon im Betriebe stehen, oder künftig betrieben werden sollen. Die Roheisenfabrikation beträgt jährlich 607,000 Ct., worunter etwa 175,000 Ct. bei Koaks erblasen; außerdem aber 30,000 Ct. Gußwaaren unmittelbar aus den Hohöfen (durch Umschmelzen des Roheisens jährlich etwa 40,000 Ct.). Der Betrieb der Hohöfen ist noch ziemlich neu in dieser Provinz, denn erst im Jahr 1718 ward der erste Hohofen (Halemba) dort erbaut. Früher ward etwas — obgleich nur eine unbedeutende Quantität — Stabeisen in Luppenfeuern gewonnen. Die Luppenfeuer sind etwa seit 1790 aus Oberschlesien ganz verschwunden. Der erste Koakshohofen (Gleiwitz) ist im Jahr 1795 erbaut worden. Das Verfrischen des Roheisens zu Stabeisen findet zum größten Theil noch in deutschen Frischheerden statt. Auf einigen Etablissements werden aber nur Kolben in den Heerden gefrischt und das Auswalzen der Kolben zu Stäben erfolgt unter Walzwerken mit Glühöfen

bei Steinkohlen. Verschiedene neue Anlagen sind seit einem Jahrzehent gegründet, theils auch noch in der Ausführung begriffen, um Stabeisen in Puddlingsfrischöfen mit Walzwerken u. s. f. darzustellen. Die jährliche Stabeisenfabrikation in Oberschlesien beträgt etwa 355,000 Centner.

Die Produktion des Schlesischen Bergdistrikts würde also zu 651,000 Ct. Roheisen, zu 61 — 62,000 Ct. Gußwaaren unmittelbar aus den Hohöfen, und zu 396,000 Ct. Stabeisen, (wobei einige hundert Centner Rohstahl) anzunehmen seyn.

Der Sächsisch-Thüringische Hauptdistrikt umfaßt die Landestheile der Regierungsbezirke Magdeburg und Merseburg, in so ferne sie auf dem linken Ufer der Elbe liegen, und des Regierungsbezirks Erfurth. Es befinden sich darin also auch die Stollberg-Wernigerodischen Eisenhütten Ilsenburg und Schierke. Am bedeutendsten ist der Eisenhüttenbetrieb in der Gegend von Suhl, wo Brauneisenstein und wenig Spatheisenstein aus der Preußischen Enclave Groß-Cammsdorf im Ziegenrücker Kreise, in Hohöfen, in Blauöfen, zum Theil auch noch (obgleich selten) in Stücköfen auf Roheisen und Rohstahleisen, verschmolzen werden. Das Verfrischen zu Stabeisen und zu Rohstahl erfolgt in gewöhnlichen Heerden. Die jährliche Produktion des Bergdistrikts ist 25,000 Ct. Roheisen, 6000 Ct. Gußwaaren unmittelbar aus dem Hohofen, 57,600 Ct. Stabeisen und 5300 Ct. Rohstahl.

Zu dem Westphälischen Haupt-Bergdistrikt werden die Landestheile gerechnet, welche zu den Regierungs-Bezirken Münster, Minden und Düsseldorf, und theilweise (die alte Grafschaft Mark) zu dem Regierungsbezirk Arensberg gehören. Es befinden sich in diesen Landestheilen Hohöfen, die mit sehr ausgedehnten Gießereien versehen sind. Man verarbeitet fast nur Raaseneisenstein, bei Holzkohlen in Hohöfen und verwendet das Roheisen zu Gußwaaren. Der Frischproceß findet in Heerden bei Holzkohlen statt (zum Theil Osemundsfabrikation), aber es befinden sich in dem Distrikt, wo die Steinkohlengruben in der Nähe sind, auch Pudd-

lingsfrischanlagen (zu Starkradt bei Essen, zu Witten an der Ruhr, zu Wetter an der Ruhr, zu Wenden an der Hönne, bei Limburg an der Lenne u. s. f.) Das Gewerbe ist stark im Aufblühen. Bis jetzt hat der Distrikt fast alles Roheisen, welches in demselben zu Stabeisen verarbeitet wird, aus dem Rheinischen Distrikt bezogen, ein Verhältniß, welches auch für die Folge für den Westphälischen Distrikt fortbestehen dürfte, weil es hier an Eisenerzen mangelt. Die jährliche Produktion des Haupt-Bergdistrikts beträgt 10,200 Ct. Roheisen, 117,000 Ct. Gußwaaren unmittelbar aus dem Hohofen, 230,000 Ct. Stabeisen und 38,000 Ct. Rohstahl. Gußstahlbereitung (800 — 1000 Cent. jährlich) findet in dem Distrikt ebenfalls statt, so wie auch Bereitung von Cementstahl.

Der Rheinische Haupt-Bergdistrikt ist für die Eisenbereitung im Preußischen Staate jetzt der wichtigste. Er umfaßt die Landestheile, welche früher zu Churköln und Churtrier gehörten, nämlich die Provinzen, welche den Regierungs-Bezirken Köln, Trier, Koblenz, Aachen und Arensberg (mit Ausnahme der ehemaligen Grafschaft Mark) zugetheilt sind. Man verarbeitet theils Roth- und Brauneisenstein aus der Grauwackenschieferformation (aus der Silurischen F.), theils Spatheisenstein, letztern besonders in dem ehemaligen Fürstenthum Siegen. Die Landestheile am linken Rheinufer verarbeiten Eisensilicate, Brauneisenstein aus der Grauwackenformation und Sphärosiderite aus der Steinkohlenformation. Sehr lebhaft im Zunehmen begriffen ist der Hüttenbetrieb im ehemaligen Herzogthum Westphalen. Siegen erwartet noch eine bessere Verbindung mit den Steinkohlengruben der Grafschaft Mark, um das stationär gewordene Gewerbe neu zu beleben. Die Hüttenwerke am Hochwalde und im Trierschen fangen an, sich auf den Betrieb der Hohöfen auf Koaks einzurichten; bis jetzt ist indeß in dem Distrikt noch kein Hohofen vorhanden, der mit Koaks betrieben würde, obgleich bei mehren Oefen ein Zusatz von Koaks zu den Holzkohlen mit günstigem

Erfolge in Anwendung gebracht worden ist. Der Frischproceß wird in der Hauptsache noch bei Holzkohlen in Heerden ausgeführt, allein im Saarbrückischen (Neuenkirchen, Dillingen, Geislautern), an der Mosel (Alf), bei Trier (Quinthütte), bei Düren (Lendersdorf), zu Eschweiler, zu Gemünd im Schleidener Kreise, zu Rasselstein bei Neuwied, zu Wahrstein bei Arensberg, sind bereits ausgedehnte und wohl eingerichtete Puddlingsfrischhütten vorhanden, welche unbezweifelt größere Nachfolge finden werden. Die jährliche Produktion in dem Rheinischen Haupt-Bergdistrikt beträgt 778 bis 779,000 Ct. Roheisen, 144,200 Ct. Gußwaaren unmittelbar aus den Hohöfen, (außerdem etwa 30,000 Ct. durch Umschmelzen des Roheisens), 493,000 Ct. Stabeisen und 57,300 Ct. Rohstahl.

Die gesammte Eisenproduktion in dem Preußischen Staate ist also jährlich anzunehmen zu: 1,462,300 Cent. Roheisen, 354,700 Ct. Gußwaaren unmittelbar aus den Hohöfen (156,600 Cent. erfolgen außerdem durch Umschmelzen des Roheisens), 1,242,400 Ct. Stabeisen und 101,800 Ct. Rohstahl.

An Eisenblechen werden jährlich etwa 112,000 Ct., und an Drath 71,000 Ct. dargestellt. Die feineren gewalzten und geschnittenen Eisensorten befinden sich mit unter der Summe, welche für die Stabeisenproduktion angegeben ist.

Durch die Produktion wird der Bedarf an Eisen für den Verbrauch im Inneren des Landes jedoch noch nicht vollständig befriedigt. Die Ostsee-Provinzen führen noch Schwedisches (zum Theil auch Englisches) Stabeisen ein. Die Gießereien beziehen einen Theil ihres Roheisenbedarfs aus England. Auch Luxemburg und Nassau senden Roheisen und etwas Stabeisen in die benachbarten Preußischen Provinzen, und Westphalen bezieht Roheisen für die Gießereien theilweise aus England.

Aus der hier folgenden Zusammenstellung der Eisenproduktion in allen europäischen Staaten ergiebt sich das entschiedene Uebergewicht Großbritaniens in der Eisenproduktion. Dies Land liefert mehr Roheisen als die andern Staaten Europa's zusammengenommen, und fast genau eben so viel Stabeisen, als diese zusammen. Die Produktion ist auf Preuß. Gewicht reducirt. Für die Staaten, bei welchen die Größe der Produktion nur für das Stabeisen und nicht für das Roheisen angegeben werden konnte, ist die Reduktion des Stabeisens zu Roheisen nach einem allgemeinen Satz vorgenommen worden, so daß für 5 Ct. Stabeisen 7 Ct. Roheisen berechnet sind. Wenn auch die einzelnen Summen unstreitig unzuverlässig seyn mögen, so ist die Uebersicht doch nicht ohne Interesse und gewährt wenigstens eine allgemeine Vergleichung. Bei der Gewichtsreduktion sind 1 Tonne Engl. = 19,755 Ct. Preuß.; 1 Schiffpf. Eisengewicht = 2,6459 Ct. Preuß.; 100 Pud = 30,808 Ct. Preuß., und 1 Metrischer Centner = 1,945 Centner Preuß. angenommen worden.

Zusammenstellung der Eisenproduktion in den europäischen Staaten (mit Einschluß d. Prod. im asiatischen Rußland).

	Hohofenprodukte.		Stabeisen.	
Britanien . . .	29,632,500	Cent.	13,235,850	Cent.
Frankreich . . .	6,763,900	—	4,360,368	—
Spanien . . .	—	—	180,000	—
Portugal . . .	—	—	6,000	—
Luxemburg . . .	60,000	—	?	
Belgien . . .	2,917,350	—	1,750,410	—
Schweitz . . .	—	—	10,000	—
Schweden . . .	1,455,245	—	1,322,950	—
Norwegen . . .	—	—	76,731	—
Rußland . . .	3,820,192	—	2,156,460	—
	44,649,187	Cent.	23,098,769	Cent.

	Hohofenprodukte.		Stabeisen.	
Uebertrag	44,649,187	Cent.	23,098,769	Cent.
Polen	184,000	—	80,610	—
Türkei	?		?	
Österreich. Staaten	—	—	1,250,000	—
Toscana . . .	120,000	—	70,000	—
Sardinische Staaten	—	—	175,000	—
Parma	—	—	2,000	—
Modena . . .	—	—	2,000	—
Kirchenstaat . .	—	—	16,000	—
Neapel	6,000	—	12,000	—
Deutschlands zollvereinte Länder .	2,550,762	—	1,875,356	—
Deutschlands nicht zollvereinte Länder (Hannover und Braunschweig) .	143,500	—	82,200	—
Betrag des von der Stabeisenquantität berechneten Roheisens	2,720,385	—	—	—
	50,367,834	Cent.	26,664,035	Cent.

Wird das spec. Gewicht des Stabeisens zu 7,6 angenommen, so sind die 26,664,035 Cent. Stabeisen = 5,847,376 Kubikfuß. Also eine Kugel von massivem Stabeisen von 223 Fuß im Durchmesser, oder ein dergleichen Würfel von 180 Fuß Länge seiner Seiten, würden die Masse von Stabeisen repräsentiren, welche jährlich aus den Gruben und Gräbereien von Europa gefördert und auf den Hütten dargestellt wird.

Nimmt man das spec. Gewicht des Roheisens im Durchschnitt zu 7,3 an, so sind die 50,367,834 Ct. Roheisen und Gußwaaren, welche die Eisenschmelzöfen in Europa jährlich

liefern, = 11,500,000 Kubikfuß. Eine aus Roheisen gegossene Kugel von 281 Fuß im Durchmesser, würde also die jährliche Größe der Roheisenproduktion in Europa ausdrücken.

Wenden wir uns von Europa nach Asien und Afrika, so ist von selbst klar, daß nicht mehr von einer Ermittelung, nicht einmal von einer sehr allgemeinen Abschätzung der Quantitäten Eisen die Rede seyn kann, welche in den Ländergebieten beider Welttheile dargestellt werden, sondern daß es einem günstigen Zufall zuzuschreiben ist, wenn wir, durch aufmerksame und für die Technik des Eisenhüttenwesens sich interessirende Reisende, überhaupt nur eine Kunde über die Art der Eisenbereitung und über die Behandlung des Eisens in jenen Welttheilen erhalten.

Alle Nachrichten über die Eisen- und Stahlbereitung in den Ländern Mittel- und Süd-Asiens sind höchst unbefriedigend. Daß der Taurus, wie an andern Metallen, so auch an Eisen ergiebig ist und daß er Klein-Asien zum großen Theil mit Eisen versorgt, ist bekannt; das Verfahren bei der Bereitung ist erst kürzlich, durch Hrn. Russegger bekannt geworden (§. 8.) — Daß auch in Persien viel Eisen und Stahl gewonnen werde, bemerkt Hr. Chardin. Die Eisengruben, sagt er, sind in Hyrcanien, im mitternächtlichen Medien, im Parther und Bactrianen-lande. Die Stahlgruben befinden sich auch daselbst. Der Stahl ist aber so hart, daß er mit Indischem Stahl, welcher viel besser ist, gemischt werden muß. Dann heißt er damascirter Stahl, durch welchen Namen man ihn von dem europäischen Stahl unterscheidet. Man schmelzt diesen Stahl in der Gestalt kleiner runder Kuchen, von der Größe eines Handtellers, oder bringt ihn in die Gestalt von kleinen vierkantigen Stäben. Von der Hauptsache, von der Verschmelzung oder Behandlung der Erze, erwähnt Hr. Chardin kein Wort. — Marco Polo fand bei Kerman Stahl und Eisengruben und Waffenschmiede. — Morier bemerkt,

daß die vorzüglichste und wichtigste Eisengrube von ganz Iran, die auch Verlassung der Gruben von Masenderan jetzt ganz allein gebaut werde, die von Dombre im Distrikt Karadagh sey. Hier, sagt er, erhebt sich das Gebirge Seilan. Das Erz befindet sich dort in einer solchen Menge, daß man Karadagh buchstäblich ein Land nennen kann, wo Steine Eisen sind. Die wichtigste Eisengrube zu Dombre liefert das Erz unmittelbar unter der Oberfläche. Es ist von dunkelrother Farbe und wird sehr unsorgfältig bearbeitet, indem man erst die ganze Masse in einem Ofen brennt, dann Erde und Schlacke davon abhämmert, und dann kleine Eisenwaaren, wie Hufeisen, Schnallen, Bügel u. s. f. daraus anfertigt. Aus dieser undeutlichen Beschreibung ist nicht zu ersehen, ob die Behandlung der Erze in Heerden, oder in Gruben, nach Art des Luppenschmelzens, oder geschichtet in Oefen, nach Art der Stücköfen, erfolgt. — Man bereitet aber jetzt in Persien eine Art von Gußstahl dadurch, daß man Stabeisen, mit Holzkohlen gemengt, auf einem steinernen Rost, der nur mit vier Mauern umgeben ist, welche den Schmelzraum über dem Rost mit einschließen, niederschmelzt. Der Stahl fließt durch die Zwischenräume des steinernen Rostes in den Aschenraum hinunter. In den Umfassungsmauern des Schmelzraumes befinden sich Oeffnungen, durch welche der Wind aus den Balgen, die durch Menschenhände in Bewegung gesetzt werden, in den Schmelzraum geführt wird. So roh und unausgebildet dies Verfahren ist, so setzt es doch eine große Erfahrung über das Verhalten des Stabeisens in der Schmelzhitze und in Verbindung mit Kohle voraus. — Elphinstone bemerkt, daß das vorzüglichste Eisen aus Kaschmir und Khorasan komme. Es ist dies derselbe Stahl, von welchem schon Tavernier angiebt, daß er zu den besten Damastklingen nicht zu gebrauchen sey, sondern daß man dazu den Stahl von Golconda nehmen müsse.

Afghanistan und Beludschistan stehen noch heute in dem Ruf, daß sie gutes Eisen erzeugen. — Ueber die Eisenbereitungs-

art in dem großen chinesischen Reich und in dessen Schutzländern wissen wir nichts. Barrow erzählt, daß es den Chinesen wohl bekannt sey, das Eisen aus seinen Erzen zu schmelzen, daß ihre gegossenen eisernen Geräthe ausgezeichnet dünn und leicht seyen, und daß sie auch eine unvollkommene Kenntniß besitzen, aus Eisen Stahl zu machen, daß ihre Stahlwaaren aber die Vergleichung mit den europäischen nicht aushalten. Die Kunst, das Roheisen in Stabeisen zu verwandeln, fügt er hinzu, sey bei ihnen unvollkommen, und alle Fabriken, welche Stabeisen verarbeiten, wären, sowohl in Ansehung der Arbeit als der Beschaffenheit des Metalls, sehr unvollkommen.

Ueber das Eisen, welches in Japan bereitet wird, haben Kämpfer und Crawfurd einige Notizen gegeben. Das Eisen sey in Japan eben so theuer als das Kupfer; nur Küchengeschirre habe man in Japan aus Eisen; denn Nägel, Bolzen und alles zum Schiffsbau gehörige, wird aus Kupfer gemacht. Das Eisen soll aber von der vorzüglichsten Güte seyn, indem die Japanesen mit ihren unvollkommenen Werkzeugen daraus eben so gute Säbel anfertigen, als die geschätzten Klingen von Damaskus. Nach Kämpfer wird Eisenerz im Staate Japan nur allein, aber zugleich in großer Menge gewonnen, wo die drei Provinzen Mimasaka, Bitsju und Bisen zusammenstoßen. Es wird daselbst, fügt er hinzu, auch gereinigt, und in Gestalt von 2 Spannen langen Stäben an inländische Kaufleute, zu dem Preise des Kupfers, verhandelt. Das Verfahren beim Schmelzen der Erze scheint Kämpfer nicht gesehen zu haben.

Das an Metallen nicht reiche Vorderindien besitzt Eisen in großer Menge und von vorzüglicher Güte, in fast allen Provinzen. Indien ist das Vaterland des Wootz, aber die Bereitung des Eisens und Stahls erstreckt sich kaum weiter als auf die Befriedigung des eigenen Bedarfs, denn eine Ausfuhr von Wootz nach Europa findet nur als eine Seltenheit statt, weil die gepriesene Vorzüglichkeit des Wootz sich wenig bestätigt hat. In

der neuesten Zeit (1832) hat eine englische Gesellschaft ein Eisenhüttenwerk (Salem) nach europäischer Art eingerichtet; über den Fortgang desselben ist nichts näheres bekannt.

Hinterindien ist in Siam und Anam reich an Eisenerzen, obgleich es die Reisenden nicht der Mühe werth gehalten haben, Nachrichten darüber mitzutheilen. In Siam wird Campengbet, am Menam, als eine der vorzüglicheren Eisen- und Stahlgruben genannt, und in der Nähe der Stadt Louoo, an einem Arme des Menam, des großen Magnetberges gedacht, der schon in großer Entfernung auf den Magnet einwirken soll.

Nach Crawford sollen auf den Inseln im Indischen Archipel wenig reiche und bearbeitenswerthe Eisenerze vorkommen. Die Eisenschmiede stehen bei den Bewohnern von Java als Künstler in hoher Achtung, denn der Name Pande für einen Schmidt, in der Malayischen und Javanischen Sprache, bezeichnet einen kenntnißvollen und erfahrenen Mann. Die Hauptgeschicklichkeit der Schmiede besteht in der Anfertigung von Lanzen und Dolchen. Der Verarbeitung würdige Erze werden auf einigen Punkten auf der Seeküste von Borneo, auf Banca und auf Billiton gefunden. Die Insel Billiton ist felsig und unfruchtbar, hat aber die besten Eisenerze im ganzen Indischen Archipel.

Ueber das Verfahren, welches von den jetzigen Bewohnern einzelner Landestheile in Afrika ausgeübt wird, sind schon oben (§. 8.) die bekannt gewordenen Nachrichten mitgetheilt. Auffallend bleibt es immer, daß die Völkerschaften auf der Westseite Afrikas, welche man als die uncultivirtesten anzusehen pflegt, in der Kunst der Eisenbereitung gegen die Bewohner Klein-Asiens mindestens nicht zurückstehen. — Die Mandara-Gebirge, südwestlich vom See Tschad, im Lande Bornu, sind, wie Denham bemerkt, sehr reich an Eisen; andere Metalle hat er aber dort nicht angetroffen. Alle Häuser und Hütten von Mandara haben äußere

Thüren, die nach einem Vorhofe führen; sie sind von Holz und mit eisernen Riegeln versehen. Die Mandaraner verfertigen Nägel, kleine Stangen und eine Art von Werkzeugen, die zum Auskörnen des Getreides dienen. Das Eisen, welches sie verarbeiten, kommt vorzüglich von Westen, von Karowa. In den Schmiede-Werkstätten zu Mandara fand Denham einen aus zwei Bockfellen bestehenden Blasebalg, in welchem eine eiserne Blaseröhre befestigt war, die in das Feuer gehalten ward. Die Felle sind oben offen, und der Wind wird durch Aufblähen und Zusammendrücken der Felle hervorgebracht, eine Vorrichtung, die derjenigen ähnlich ist, welche Hr. Russegger in Kordofan gesehen hat. Hammer und Amboß waren von Eisen.

In Amerika hat man auf den früheren Zustand der Eisenbereitung nicht zurück zu gehen, weil die ursprünglichen Bewohner des Landes das Eisen nicht gekannt haben. Es ist daher nur darüber die Frage, in welcher Ausdehnung sich das von den Europäern nach Amerika verpflanzte Gewerbe, jetzt in den verschiedenen Staaten jenes Welttheils befindet. Mit Ausnahme der englischen Nordamerikanischen Besitzungen und der vereinigten Nordamerikanischen Staaten, hat ein viertehalbhundertjähriger Verkehr mit Europa noch nicht hingereicht, eine Eisenproduktion in jenem Welttheil zu begründen. In Brasilien sind zwar von Zeit zu Zeit wiederholte Versuche zur Gründung von Eisenhüttenwerken gemacht worden; es scheint indeß, daß auch die neuesten Bemühungen deutscher Fabrikunternehmer dort keinen besonders günstigen Fortgang gefunden haben.

Mexiko besitzt in den Intendanzen von Valladolid, Zacatecas und Guadalarara, vorzüglich in den inneren Provinzen, Eisenerze in großer Menge. Aber die Gewinnung dieses Metalles, bemerkt Herr v. Humboldt, findet nur zur Zeit eines Seekrieges statt, wenn Eisen und Stahl aus Europa nicht

eingeführt werden können. Es ist nicht wahrscheinlich, daß der Staat von Mexiko in der nächsten Zukunft sein Bedürfniß an Eisen aus seinen eigenen Gruben bestreiten, und sich dadurch, jetzt von Europa, demnächst unbezweifelt auch von den Nordamerikanischen Freistaaten, unabhängig machen wird. Vor ein paar Jahren ward bei Durango ein Eisenhüttenwerk, welches aus einem Hohofen zur Roheisenerzeugung und 2 Frischheerden besteht, angelegt. Der kostbare Transport der Kohlen und der Erze erschwert das Gedeihen der Eisenhütten, deren Produkte mit dem englischen Eisen nicht Preis halten können.

Weder in Guatemala noch in den Südamerikanischen Staaten findet eine Eisenproduktion statt. Nur in Brasilien hat man in der neuesten Zeit die früheren, mit Erfolg nicht belohnten Versuche zur Benutzung des Magneteisensteins und des Eisenglanzes in der Capitanie S. Paulo, — Erze die dort, unter noch nicht gehörig aufgeklärten geognostischen Verhältnissen, in überaus großer Menge vorkommen, — wieder aufgenommen. Die Erze wurden als große Geschiebe und als einzelne losgerissene Massen im Jahr 1590 entdeckt, und in Rennheerden oder in Blaseöfen, bis zum Jahr 1629, sparsam benutzt. Zu Ende des vorigen Jahrhunderts fing man von neuem an, das Erz in Luppenfeuern zu verschmelzen, aber es ward nur so viel Eisen erzeugt, als jeder Fabrikant, zur Bestreitung des eigenen geringen Bedürfnisses, gebrauchte. Im Jahr 1811 trafen, auf Anordnung der Regierung, schwedische Hüttenleute ein, welche im Jahr 1814 endlich eine kleine Hütte mit vier schwedischen Blase- oder Bauernöfen zu Stande brachten. Auch diese Unternehmung scheint keinen Fortgang gefunden zu haben. Durch deutsche Hüttenleute sollte im Jahr 1834 eine größere Anlage, aus einem Hohofen und einigen Frischfeuern bestehend, ausgeführt werden. Nach öffentlichen Nachrichten hatte der Bau der Anlage nicht allein begonnen, sondern er soll sogar beendigt seyn, indeß ist über den Erfolg nichts näheres bekannt geworden. — In Minas Geraes führten

afrikanische Negersclaven, zu Ende des vorigen Jahrhunderts, zuerst die Bereitung des Eisens im Kleinen ein, welche im Jahr 1811 sehr allgemein geworden war. Ueberall sah ich Oefchen in dieser Capitanie, sagt Hr. v. Eschwege, die aber nie übereinstimmend gebaut waren, sondern jeder Besitzer hatte dabei seine eigenen Ideen ausgeführt. Einige fabricirten das Eisen nur in kleinen Schmiedeessen; Andere erhöheten dieselben etwas auf den Seiten; Andere bauten runde, conische Oefchen; Andere errichteten viereckige, pyramidale, woran sie auf der einen Seite eine Oeffnung ließen, aus der die Luppe herausgenommen, nachher aber wieder vermauert ward. Als Sohlsteine bedienten sich Einige der Kohlenstübbe, Andere platter Steine, und ich sah sogar einen, dessen Besitzer die Vorrichtung getroffen hatte, sich hölzerner Knüppel als Sohle zu bedienen, unter denen ein hohler Raum gelassen ward. Nach beendigter Schmelzung nahm er die Unterstützung der Knüppel weg, und die Luppe stürzte dann mit den Knüppeln herab. Der Erfolg einer vierstündigen Schmelzung ist eine Luppe von 8 — 12 Pfund reinen Eisens, höchstens einmal von 20 Pfunden. Oft erhält man aber gar kein Eisen, sondern eine ungaare Luppe, die beim ersten Schlage des Hammers auseinander fällt. — Zu Morro do Pilar und zu Congonhas do Campo sind von Seiten der Regierung größere Eisenhüttenanlagen versucht, indeß ist über die Fortschritte, oder über das wieder erfolgte Erliegen, öffentlich nichts bekannt geworden.

Wenn der gesellschaftliche Zustand in den Staaten von Süd- und Mittel-Amerika, so wie von Mexiko, es noch nicht gestattet hat, das Eisenhüttengewerbe dort entstehen zu lassen, so bietet dagegen Nordamerika ein um so erfreulicheres Bild von der Entwickelung dieses Gewerbes dar. In den englischen Nordamerikanischen Kolonien mögen die Bedingungen zur schnelleren Ausdehnung des Eisenhüttenbetriebes nicht vorhanden seyn; nur in Ober-Kanada, wo man Magneteisenstein aufgefunden hat, sind mehre Eisenhüttenwerke angelegt, unter welchen eine, am Flusse

Marmora, nicht weit vom Einfluß desselben in den Trent, also nördlich vom Ontario-See und zwar west-nordwestlich von Kingston, aus zwei 35 Fuß hohen Oefen mit Frischhütten und einer Gießerei besteht.

Schon zu der Zeit als die jetzigen Nordamerikanischen Freistaaten noch Kolonien von England waren, ward in jenem Länderdistrikt der Grund zur Eisenfabrikation gelegt. Der Erfolg der Unternehmungen war so günstig, daß man Nordamerikanisches Roheisen zum Verfrischen und zur weiteren Verarbeitung nach England zu bringen, im Parlament verhandelte. Dazu hätte es auch nothwendig kommen müssen, wenn nicht, im Laufe dieser Verhandlungen, die Anwendung der Steinkohlen bei der Roheisenerzeugung in Hohöfen in England glücklich zu Stande gebracht und dadurch die Unabhängigkeit Britaniens von anderen Staaten, hinsichtlich der Befriedigung des Bedürfnisses an Eisen, sicher gestellt worden wäre. -- Der Eisenhüttenbetrieb hat sich fast in allen einzelnen Staaten des Nordamerikanischen Staatenverbandes von Jahr zu Jahr mehr ausgedehnt und in diesem Augenblick unbezweifelt eine große Höhe erreicht. Dennoch steigt der Bedarf an Eisen in diesen Staaten in einem mindestens eben so großen Verhältniß als die jährliche Produktion zunimmt, denn die Menge des Stabeisens und Stahls, welche aus England, Schweden und Rußland in die Häfen der Nordamerikanischen Staaten gelangt, hat sich, ungeachtet der bedeutend gesteigerten Produktion im Lande, noch nicht vermindert. Solche Verhältnisse zeigen am überzeugendsten das Fortschreiten in der Industrie und das Zunehmen des inneren Wohlstandes der Staaten.

Ueberaus reich an mächtigen Lagern und an Gängen von Magneteisenstein ist das primitive Gebirge in den Staaten New-Hampshire, Vermont und New-York, vorzüglich in New-York, und zwar von der Grenze mit Kanada an, westlich vom Champlain-See bis zur Gränze der Staaten New-York und Connecticut. Aber auch auf der östlichen Seite der Gebirgskette, im

Staate Massachussets, werden diese Magneteisenstein-Lager und Gänge angetroffen und benutzt. Die Lager scheinen vorzugsweise im Gneus, und die gangartigen Bildungen auf der Gränze des Granits mit den Urschiefern vorzukommen. Eine andere, nicht minder ausgedehnte Ablagerung wird in dem blauen Gebirge und in den damit verbundenen Gebirgszügen, in den Staaten New-Jersey, Delaware, Philadelphia, Maryland und Virginien, der Gegenstand eines wichtigen Eisensteinbergbaues. In New-Jersey und Virginien scheint aber auch eine Eisengewinnung aus Sphärosideriten statt zu finden. — In den westlichen Staaten, welche der Missouri und der Missisipi durchströmen, besonders im Illinois-Gebiet, ist seit einem Jahrzehnt der Grund zu einer Eisenfabrikation gelegt, die von großer Ausdehnung zu werden verspricht, weil das Eisenhüttengewerbe durch die Anwendung von Steinkohlen aus den dortigen Ablagerungen unterstützt werden wird. Dieser Umstand ist von so großer Wichtigkeit, daß kaum ein Zweifel darüber entstehen kann, daß das Eisenhüttengewerbe in den westlichen Staaten sehr bald einen größern Umfang als in den älteren östlichen Staaten erhalten wird, obgleich auch hier, seit wenigen Jahren, Steinkohlen bei der Eisenbereitung in Anwendung gekommen sind.

In den älteren, östlichen vereinigten Staaten werden, — mit wenigen Ausnahmen in der neuesten Zeit, — nur Holzkohlen zur Eisenerzeugung angewendet. Das gewöhnliche Verfahren ist das Verschmelzen der Eisenerze in Hohöfen und das Verfrischen des Roheisens in Heerden. Aber im östlichen Theil von Jersey, auf einigen Hüttenwerken in Connecticut, in einem großen Theil von New-York und in Vermont, kommen auch noch Luppenfeuer in Anwendung. Das in Luppenfeuern gewonnene Stabeisen wird dort „bloomed bar-iron" genannt. Die vortreffliche Beschaffenheit der Erze, welche, vor der Verarbeitung in den Luppenheerden, in besonderen Oefen geröstet werden, erleichtert diese Frischmethode. Man rechnete, daß im Jahr 1831

noch 5853 Tonnen (115,626 Preuß. Ct.) Stabeisen auf diese Weise in den genannten Ländertheilen gewonnen worden sind. Viele Hohöfen sind zugleich mit Gießereien verbunden; außerdem wird aber ein sehr bedeutender Theil des gewonnenen Roheisens in Flammen- und Kupoloöfen, auf besonderen Gießerei-Anlagen, umgeschmolzen. Neue statistische Nachrichten über die Größe der Eisenproduktion sind nicht zur öffentlichen Kenntniß gekommen. Für das Jahr 1810 ward die Produktion an Stabeisen in dem Staatenverbande zu 27,051 Tonnen (534,392¼ Cent. Preuß.) angegeben. Im Jahr 1831 betrug die Produktion

an Roheisen	137,075	Tonnen
an Gußwaaren unmittelbar aus den Hohöfen	18,273	—
also an Hohofenprodukten . . .	155,348	Tonnen

oder 3,068,900 Ct. Preuß., also fast so viel als die Produktion im russischen Reiche. Diese Produktion ist aber seitdem ansehnlich gestiegen, einmal weil sich der Betrieb in den östlichen Staaten noch mehr ausgedehnt hat, und dann weil die unbekannte Produktion in den westlichen Staaten seit dem Jahr 1831 erst hinzugetreten ist.

Man rechnete, daß von den 137,075 Tonnen Roheisen mindestens 10,000 Tonnen für die Gießereien bestimmt und in Kupolo- und Flammenöfen umgeschmolzen worden sind.

Die Größe der Fabrikation an Stabeisen in den Nordamerikanischen Freistaaten im Jahr 1831 hat betragen:

Stabeisen aus Roheisen gefrischt	90,768	Tonnen
Stabeisen aus den Luppenfeuern	5,853	—
zusammen	96,621	Tonnen

oder 1908748 Ct. Preuß., also so viel als die Stabeisenproduktion in Deutschland, mit Ausnahme der Oesterreichischen Staaten. Aus den schon angegebenen Gründen muß diese Produktion seit 1831 sehr zugenommen haben.

Die Auffindung der ausgedehnten Niederlagen von Steinkohlen in Pennsylvanien, zwischen den Flüssen Susquehanna und

Delaware (von welchen die mageren Steinkohlen dort Anthracit genannt werden), verspricht dem Eisenhüttengewerbe in Pennsylvanien eine rasche und bedeutende Vergrößerung. Die erste Eisenhüttenanlage, auf die Anwendung von Steinkohlen begründet, hat in den westlichen Staaten zu Carthouse, an dem westlichen Arme des Susquehanna, statt gefunden. Im Jahr 1835 ist dort der erste Koakhohofen, 45 Fuß hoch, 13 Fuß im Kohlensack weit, mit 3 Formen versehen und mit erhitzter Gebläseluft gespeißt, erbaut worden, welcher Sphärosiderite verarbeitet. Zugleich ist auch eine Puddlingsfrischhüttenanlage dort gegründet, so daß dem Eisenhüttenwesen in den Nordamerikanischen Freistaaten schon in der nächsten Zukunft eine sehr vergrößerte Ausdehnung bevorsteht.

Rohstahl wird in den Freistaaten nicht bereitet; man zählte aber im Jahr 1831 schon 14 Oefen zur Bereitung von Cementstahl.

Erster Abschnitt.

Eigenschaften und Verhalten des Eisens.

---

§. 12.

Der dreifache Zustand, worin sich das Eisen befinden kann (§. 5.), muß bei der Untersuchung der physikalischen Eigenschaften dieses Metalles und bei der Prüfung seines Verhaltens in erhöheten Temperaturen, so wie zu anderen Körpern, berücksichtigt werden, um es in diesen seinen drei verschiedenen Zuständen kennen zu lernen. Die aus der chemischen Vereinigung des Eisens mit anderen Körpern entstehenden Verbindungen, sind dem dreifach verschiedenen Verhalten nur dann unterworfen, wenn sie durch jene Vereinigung nicht aufhören, die Eigenschaften des Roheisens, des Stahls und des Stabeisens beizubehalten, welches jedoch nur dann der Fall ist, wenn das Eisen so geringe Quantitäten von anderen Körpern aufgenommen hat, daß es, — nach dem Ausdruck im gewöhnlichen Leben, — damit nur verunreinigt erscheint. Sonst können die Verbindungen des Eisens mit anderen Körpern nur in dem Zustande des Metalles geprüft werden, in welchem es als eine einfache und reine Substanz erscheint, indem Roheisen und Stahl schon für sich selbst Verbindungen des Eisens mit einem anderen Körper sind, deren nähere Erkenntniß der Zweck dieses Abschnittes ist. Es wird

jedoch zuerst die Frage zu erörtern seyn, ob, bei allen den folgenden Untersuchungen, überhaupt auf denjenigen Zustand des Metalles Rücksicht zu nehmen ist, in welchem es, von aller und jeder Verunreinigung frei, als ein chemisch reines Eisen betrachtet werden kann.

Aus der Art und Weise, wie das Eisen aus seinen Erzen dargestellt wird und bei der Erzeugung im Großen nur dargestellt werden kann, wird es einleuchtend, daß die Bildung eines chemisch reinen Eisens lediglich das Werk eines Zufalls seyn würde, daß der praktische Metallurg sich daher kaum jemals in dem Fall befinden wird, chemisch reines Eisen vor sich zu sehen. Alle Verschiedenheiten in den physikalischen Eigenschaften des Eisens haben vorzugsweise ihren Grund in der Art und in der Quantität der fremdartigen Substanzen, welche das Eisen bei der Darstellung aus seinen Erzen entweder aufgenommen hat, oder von welchen es durch den metallurgischen Prozeß, dem die Erze unterworfen wurden, nicht befreit werden konnte. Diese geringen Beimischungen, oder diese Verunreinigungen des Eisens sind es also, durch welche das Metall in seinen Eigenschaften verändert wird und ein sehr verschiedenartiges physikalisches Verhalten zeigen kann. Hätte der Metallurg es mit der Darstellung des chemisch reinen Eisens zu thun, so würden die Eigenschaften des dargestellten Metalles immer und überall dieselben bleiben; aber specifisches Gewicht, Härte und Festigkeit des Eisens sind, in allen drei Hauptzuständen dieses Metalles, sehr oft so verschieden, daß es eben so nothwendig ist, diese Verschiedenheiten zu kennen, als den Ursachen derselben nachzuspüren; denn wenn es durch die metallurgischen Prozesse auch schwerlich jemals gelingen kann, ein chemisch reines Eisen darzustellen, so muß doch das Bestreben des Metallurgen dahin gerichtet seyn, das Eisen in einem Zustande zu gewinnen, in welchem es sich dem chemisch reinen Zustande am mehrsten nähert.

Man sagt, daß man das Eisen chemisch rein erhalte, wenn

man das beste verkäufliche Stabeisen, z. B. gutes schwedisches, russisches, oder auch sogenanntes Osemundeisen aus der Grafschaft Mark, im Zustande eines feinen Eisendrathes, zu kleinen Stücken zerschneidet, und mit etwa dem vierten Theil seines Gewichtes von oxydirtem Eisen mengt und in einem hessischen Thontiegel, in einem Gebläseofen, so stark erhitzt, daß die Schmelzung eintritt. Als Decke bedient man sich eines Gemenges von reinem Quarz, reiner Kalkerde und reinem kohlensaurem Kali, etwa in dem Verhältniß, welches man bei der Bereitung eines nicht leichtflüssigen Glases anwenden würde. Um das anzuwendende oxydirte Eisen möglichst frei von fremder Beimischung zu haben, wird man am besten thun, feinen und reinen Eisendrath in der Glühhitze durch Wasserdämpfe zu oxydiren. Der Eisenkönig, den man auf solche Weise erhält, hat eine ausgezeichnet weiße Farbe, einen starken metallischen Glanz und verhält sich etwas weicher wie die gewöhnlichen und besten Varietäten des weichen Stabeisens. Besonders aber zeichnet sich dies Eisen durch sein großes specifisches Gewicht aus, welches zu 7,9654 gefunden wird. Dies Eisen hält man für chemisch reines Eisen, und wenn sich darin auch noch Spuren von Silicium finden, so läßt es sich doch in der That als ein chemisch reines Metall betrachten. In diesem Zustande ist das Eisen ein dem Metallurgen und Eisenfabrikanten ganz unbekanntes Metall, dessen weiche Beschaffenheit in vielen Fällen die Vortheile, welche aus der größeren Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit vor den besseren Sorten des verkäuflichen Stabeisens entspringen, wieder aufwiegen würde.

Farbe des Eisens.

§. 13.

Durch die Wirkungen der Luft und der Feuchtigkeit wird die Oberfläche des Eisens so schnellen Veränderungen unterworfen, daß sich die Farbe dieses Metalles nur dann erkennen läßt, wenn die Oberflächen durch mechanische Mittel gereinigt worden

sind. Am zuverlässigsten wird die Farbe indeß auf der frischen Bruchfläche erkannt, weil auch die Farbe der gereinigten Oberfläche des Eisens von sehr vielen Nebenumständen, vorzüglich von der Art, wie die Reinigung vorgenommen worden ist, abhängt. Es ist also hier nur von der Farbe des Eisens auf dem frischen Bruche die Rede. Die Oberfläche des Eisens, welche durch mechanische Mittel nicht gereinigt ist, hat jederzeit eine graue Hülle, der das metallische Ansehen fehlt, zum Ueberzug, welcher die wahre Farbe des Eisens verbirgt. Weil man das Eisen im nicht gereinigten oder unpolirten Zustande immer mit dieser Hülle antrifft, so haben die Mineralogen dadurch Veranlassung genommen, eine eigenthümliche Farbe: Eisenschwarz, anzunehmen, welche Benennung indeß unrichtig ist, indem sie nur von der durch die Einwirkungen der feuchten Luft veränderten Farbe dieses Metalles verstanden werden muß. Unter gewissen Umständen pflegt die Oberfläche des Eisens auch eine bläulichschwarze Farbe mit Halbmetallglanz, oder eine röthlichgelbe und röthlichbraune Farbe, der dann der metallische Glanz abgeht, anzunehmen.

§. 14.

Die eigentliche Farbe des Stabeisens ist lichtgrau, mit vollkommen metallischem Glanz. Diese Farbe ist indeß außerordentlich vielen Modifikationen unterworfen, von denen alsdann auch der Glanz abhängig ist. Die lichtgraue Farbe zieht sich auf der einen Seite ins Weiße, auf der anderen ins Dunkle, mit stärkerem oder schwächerem Glanze auf beiden Seiten. Je mehr sich die lichtgraue Farbe mit gleichzeitig zunehmendem stärkeren Glanze in das Weiße, und je mehr sich die lichtgraue Farbe mit gleichzeitig abnehmendem Metallglanz ins Dunkle zieht, desto schlechter ist die Beschaffenheit des Eisens. Sehr helle Farbe mit schwachem Glanz, und graulichweiße Farbe mit starkem Glanz, bezeichnen also gutes Eisen; helle Farbe mit sehr starkem

Metallglanz geben ein verbranntes Eisen (wenn die Farbe ins Bläuliche spielt), oder ein in der Kälte leicht zersprengbares Eisen (wenn die Farbe ganz weiß ist) zu erkennen; so wie dunkle Farben mit schwachem Metallglanz ein in der Hitze brüchiges (rothbrüchiges) und bei noch größerer Abnahme des Glanzes ein zu mürbes, kurzes (faulbrüchiges oder auch roh gefrischtes) Eisen anzeigen.

§. 15.

Die eigenthümliche Farbe des Stahls ist graulichweiß ins Weiße, aber niemals ins Bläuliche übergehend, mit vollkommenem Metallglanz, aber nicht stark glänzend. Durch die Farbe allein würde der Stahl vom Stabeisen nicht unterschieden werden können, sondern Textur und Farbe müssen gleichzeitig darüber Aufschluß geben.

§. 16.

Die Farben-Nuancirungen, welche bei dem Stabeisen schon sehr bedeutend sind und auf eine Verschiedenartigkeit seiner inneren Zusammensetzung hindeuten, werden es bei dem Roheisen noch mehr, weil dieses noch größere Quantitäten von fremden Körpern beigemischt enthält, welche die Farbe modificiren. Unter allen Beimischungen ist es aber die Kohle, welche dem Roheisen den eigenthümlichen Charakter ertheilt. Man hat schon seit längerer Zeit zwei Arten von Roheisen unterschieden, das weiße und das graue, indem sich eine wesentliche Verschiedenheit beider Arten, nicht bloß in der Farbe, sondern auch in ihrem ganzen physikalischen und chemischen Verhalten, ausspricht. Zwar war es längst bekannt, daß sowohl die graue, als die weiße Roheisenart aus allen Eisenerzen dargestellt werden können; weil aber aus einigen Erzen vorzugsweise das graue, aus anderen vorzugsweise das weiße Roheisen erhalten wird; so glaubte man den Grund der Farbenverschiedenheit des Roheisens vorzüglich in der Beschaffenheit der Eisenerze suchen zu müssen. Spätere

Untersuchungen haben aber gezeigt, daß diese Ansicht ganz irrig ist.

Umständlicher ist von der Farbe des Stabeisens, des Stahls und des Roheisens gehandelt in: Rinman's Geschichte des Eisens, übersetzt von mir: I. 1 u. f. 488. 646. 653. II. 517. 684.

J. G. Stünkel, über den Einfluß des Braunsteins bei der Erzeugung des Eisens im Großen; im Neuen Bergmännischen Journal, III. 443. u. f.

§. 17.

Die Farbe des grauen Roheisens wechselt von der dunkelsten schwarzen bis zu einer lichten grauen Farbe, so daß nicht selten verschiedene Nuancirungen von Grau in einem und demselben Stück gefunden werden. Mit dem Hervortreten der dunkleren Farbe ist jederzeit ein stärkerer Metallglanz verbunden. Bei einigen grauen Roheisenarten ist die Farbe mehr schwarzblau als schwarzgrau zu nennen. Auf die Beschaffenheit des Roheisens läßt sich aus der Farbe allein nicht schließen; aber dasjenige graue Roheisen, welches mit einer lichten Farbe zugleich einen nur schwachen Metallglanz verbindet, ist zu allen Zwecken das am wenigsten anwendbare.

§. 18.

Das weiße Roheisen hat, im Zustande seiner vollkommensten Ausbildung, eine silberweiße Farbe, verbunden mit einem außerordentlich starken Glanz und mit spiegelnden Flächen. Man nennt dies Eisen daher auch Spiegeleisen, Spiegelfloß, und in einigen Provinzen Deutschlands, wegen der speziellen Benutzung desselben zu Stahl, Rohstahleisen oder Rohstahlfloß. So lange die Farbe dieses Eisens noch rein silberweiß bleibt, muß das Roheisen, auch wenn sich keine Spiegelflächen mehr vollkommen ausgebildet haben, noch als Spiegelfloß betrachtet werden. Aber wenn die Farbe eine bläuliche oder bläulichgraue Nuancirung erhält, und die Flächenbildung sich nur noch durch ein strahlig-fasriges Gefüge zu erkennen giebt, so entsteht daraus die zweite Abart des weißen Roheisens, welche man

blumiges Eisen oder blumige Flossen nennen kann. Diese Abart des weißen Roheisens wird selten für sich allein dargestellt, sondern bildet sich am häufigsten nur in Verbindung mit dem grauen Roheisen. — Bei einer dritten Abart des weißen Roheisens zeigt sich zwar noch starker Glanz, aber die weiße Farbe hat sehr viel Grau beigemischt, und auf der Bruchfläche ist kein bestimmtes Gefüge mehr zu bemerken. Gewöhnlich und sehr treffend pflegt man das Bruchansehen mit dem eines durchbrochenen Käses zu vergleichen. Dies ist die weiße Roheisenart, welche am häufigsten vorkommt, und welche man daher auch Weißeisen, grelles Roheisen genannt hat. — Nimmt die weiße Farbe noch mehr ab, so daß sie in das Bläulichweiße übergeht, wobei die Bruchfläche schon zackig zu werden anfängt, und viele größere und kleinere Zwischenräume sich bilden, so entsteht eine besondere Art von Roheisen, die weder zur grauen noch zur weißen Art gezählt werden kann, obgleich man sie gewöhnlich als eine Abart des weißen Roheisens betrachtet. Dies ist das luckige Roheisen oder das luckige Floß.

Das Spiegelfloß, die blumigen Flossen und das grelle Roheisen scheinen häufig in einander überzugehen, so daß es oft sehr schwierig wird, die Abart genau zu bestimmen. Das sogenannte weißgaare Roheisen steht auf der Grenze des Spiegelfloß und des blumigen Flosses. Die weiße Farbe allein entscheidet nicht über das Verhalten und die Eigenschaften des Roheisens, obgleich sie zu erkennen giebt, daß das Eisen zu einigen Zwecken (zur Anfertigung von Gußwaaren) nicht geeignet ist.

§. 19.

Sehr häufig kommen beide Arten des Roheisens, das graue und das weiße, gemeinschaftlich auf dem Bruch des Roheisens zum Vorschein. Die Verhältnisse des Hervortretens der einen oder der andern Art können dabei sehr verschieden seyn. Es giebt Roheisen, bei welchem die weiße und die graue Art vollkommen von einander geschieden zu seyn scheinen. Das graue

Roheisen zeigt sich als eine besondere Lage, oder als eine dickere oder dünnere Schicht, bald oben, bald unten, bald in der Mitte des weißen Roheisens, welches dann gewöhnlich Spiegelfloß ist. Dies Roheisen nennt man *Spangliges Roheisen*, *streifiges Roheisen*, *Roheisen mit grauem Saum* oder *mit grauer Naht*. Die Begrenzung beider Arten ist bei diesem Roheisen sehr scharf und bestimmt.

In andern Fällen findet aber keine so scharfe Gränze Statt, sondern das graue Roheisen liegt nur, in der Gestalt von Sternchen oder von einzelnen Flecken, in der übrigen Masse des Eisens, welche bald blumiges Floß, bald Spiegeleisen seyn kann, zerstreut. Zuweilen ist die Masse des weißen Roheisens vorwaltend und so überwiegend, daß es ganz die Eigenschaften des weißen Roheisens behält. Zuweilen bekommt aber das graue Roheisen die Oberhand, so daß es den Anschein gewinnt, als ob weiße Flecken auf grauem Grunde eingesprengt wären. Alsdann nähert sich das Roheisen in seinen Eigenschaften mehr dem grauen Roheisen. Ein bestimmtes Verhalten läßt sich hierbei so wenig nachweisen, als es überhaupt ein bestimmtes Verhältniß giebt, in welchem beide Roheisenarten mit einander gemengt vorkommen. Man nennt sowohl das Gemenge, bei welchem graue Flecken auf weißem Grunde, als dasjenige, bei welchem weiße Flecken auf grauem Grunde zum Vorschein kommen, *halbirtes Roheisen*. Ist die graue Roheisenart mehr überwiegend, so pflegt man das Roheisen wohl *schwach halbirtes*, und wenn die weiße Roheisenart überwiegend ist, *stark halbirtes* Roheisen zu nennen. Diese Benennungen dienen indeß mehr dazu, um sich über das äußere Ansehen des Roheisens zu verständigen, als sie geeignet sind, über die Natur und Beschaffenheit des Roheisens einen Aufschluß zu geben.

§. 20.

Bei sehr vielen Eisenarbeiten verlangt man, daß die wahre Farbe des Eisens hervortreten soll. Zur Befreiung des Metal-

les von seiner schwarzen Hülle, welche vorzüglich bei jeder Behandlung des Eisens im Feuer schnell zum Vorschein kommt, bedient man sich entweder des Feilens, oder des Schleifens, oder des Beizens. Einen noch höheren Glanz muß man der gefeilten, geschliffenen, oder gebeizten Oberfläche durch Scheuern (mit Scheuerstöcken, auch wohl mit Sand und Schlacken, oder durch Reiben mit Rostpapier) ertheilen, und wenn der höchste Grad des Glanzes verlangt wird, muß die Fläche des Eisens mit harten Körpern (Agat, Blutstein, Stahl), oder mit natürlichen oder künstlich bereiteten Pulvern vorsichtig gerieben oder polirt werden. Das Reiben mit harten Körpern (mit dem Polirstahl) nennt man die rohe Polirung, und das Reiben oder Schleifen mit Pulvern, die feine Polirung, zu welcher letzteren man sich in allen Fällen, wo es nur möglich ist, der Polirscheiben bedient.

Rinman a. a. O. I. 17 u. f.

Unterricht vom Poliren des Eisens und Stahls für Stahlarbeiter. Aus d. Schwed. von Gröning. Flensburg 1787.

Geheimniß der Engländer, den Stahl zu poliren und recht glänzend zu machen. Schreber's Sammlungen, X. 237.

Textur des Eisens.

§. 21.

Nach der Textur des Eisens und des Stahls wird, in Verbindung mit den Kennzeichen, welche die Farbe und der Glanz angeben, die Beschaffenheit dieses Metalles in der Regel bestimmt. Deshalb ist es nöthig, die Textur sehr genau zu kennen, und diese läßt sich nur auf einer frischen Bruchfläche beurtheilen.

Die ursprüngliche Textur des Stabeisens ist körnig oder zackig. Weil das Stabeisen aber jederzeit eine gewisse äußere Gestalt durch das Schmieden oder durch das Ausstrecken erhält; so kommt es sehr darauf an, ob die Stäbe dicker oder dünner ausgeschmiedet worden sind, weil sich die Textur durch

das Schmieden zu schwachen Stäben sehr verändert und dadurch zu einem unrichtigen Urtheil führen kann. Soll also die Textur untersucht und richtig beurtheilt werden, so müssen die Stäbe nicht unter einem Zoll im Quadrat, und bei flachen Stäben nicht unter $\frac{1}{2}$ Zoll stark seyn.

Körner, welche gar keine bestimmte Form haben, die weder eckig noch schuppig sind, und denen man es ansieht, daß sie durch äußere Gewalt gedehnt und gezogen werden mußten; bei denen man also in jedem Korn eine sehnige Textur oder eine eigentlich zackige Beschaffenheit des Korns warnimmt, bezeichnen das zäheste, beste und vollkommenste Eisen, welches, zu dünnen Stäben ausgereckt, jedes Mal eine vollkommen sehnige Textur annimmt. Die Sehnen oder Adern haben dann aber eine lichte Farbe, und sind sehr lang ausgedehnt, weil eine große Kraft erforderlich war, um sie zu zerreißen.

Vielkantige Körner hingegen, welche gröber oder feiner seyn können, und daher der Bruchfläche auch zuweilen wohl ein schuppiges Ansehen geben, zeigen ein schlechtes, brüchiges Eisen an. Haben diese Körner ein schiefriges Ansehen, so ist das Eisen verbrannt; sind sie ganz flach und schuppig, so ist das Eisen kaltbrüchig; sind sie kantig (aber nicht zackig) und mit Sehnen untermengt, so ist das Eisen roh und schlecht gefrischt. Das schuppige und das kantigkörnige Eisen mit vermengten Sehnen gehen durch außerordentlich viele Nuancen in einander über; je mehr sich das Kantige verliert und je mehr die sehnige Textur hervortritt, desto mehr verbessert sich die Beschaffenheit des Eisens. Die Sehnen haben indeß noch immer eine dunkle Farbe und lassen sich auch nicht zu der Länge ausdehnen, wie bei der körnigzackigen Eisensorte, sondern die Adern oder Sehnen sind kürzer, und lassen sich mit geringer Gewalt trennen. Rothbrüchiges Eisen zeigt immer lange Sehnen, und nähert sich nach den verschiedenen Graden des Rothbruchs der zackigkörnigen oder der kantigkörnigen Eisengattung. Beide gehen auch in einander über;

indeß ist das kantigkörnige Eisen, welches bei dem Ausschmieden zu dünnen Stäben gar keine Sehnen zeigt, das allerschlechteste zu nennen.

§. 22.

Aus dem Umstande, daß das Stabeisen in dicken Stücken oder in sehr starken Stäben niemals eine sehnige oder adrige Textur auf der Bruchfläche zeigt, haben einige Metallurgen geschlossen, daß die Sehnen oder Adern bloß eine Folge des Schmiedens wären. So richtig diese Behauptung auch ist, so richtig ist es doch auch, daß nicht alles Eisen durch das Schmieden eine sehnige Textur erhält, sondern daß einiges Eisen, auch zu den dünnsten Stäben ausgereckt, beständig einen kantigkörnigen oder schuppigen Bruch behält. Die Anlage zu den Sehnen oder Adern muß also schon in der Natur des Eisens liegen; das zäheste und der äußeren Gewalt am meisten widerstehende härtere Eisen behält seine zackigkörnige Textur am längsten, und wird erst durch Schmieden zu dünnen Stäben sehnig. Das weichere Eisen giebt der äußeren Kraft früher nach, und wird eher sehnig, oder die Körner lassen sich eher breit drücken, und je nachdem sie selbst vorher einen mehr oder weniger starken Zusammenhalt in sich hatten, werden die Sehnen auch mehr oder weniger an einander hängen, und der äußeren Kraft bei dem Zerreißen oder Zerschlagen widerstehen; sie weder also länger oder kürzer, und im umgekehrten Fall gröber oder feiner. Bei dem Eisen, welches gar keine Sehnen zeigt, ist die Verbindung der Körner unter einander so geringe, daß sich jedes einzelne Korn nicht zu einer Sehne, sondern nur zu einer Schuppe, ausbreiten konnte; welche Schuppen, weil sie unter einander ebenfalls keinen Zusammenhang haben, der äußeren Kraft fast gar nicht widerstehen. Das schuppige und das kurz und grobsehnige Eisen nähern sich einander daher durch unmerkbare Uebergänge.

Rinmann a. a. O. I. 493.

§. 23.

Eine deutliche Krystallbildung läßt sich bei dem reinen Stabeisen niemals bemerken. Das reinste Eisen zeigt in dicken Massen, die durch mechanischen Druck noch keine Veränderung in der Textur erlitten haben, nur den zackigen, oder den hakigen Bruch, ohne krystallinisches Gefüge, in sofern nämlich der zackige Bruch selbst nicht als krystallinische Bildung angesehen wird. Die Erfahrung lehrt aber, daß dasjenige Eisen, welches durch mechanischen Druck kein sehniges Gefüge erhält, zu den minder festen Eisenarten gehört (§. 22.), weshalb man sich zu allen Zwecken, bei welchen die Tragkraft des Eisens in Anspruch genommen wird, nur eines solchen Eisens bedient, welches durch mechanischen Druck ein sehniges Gefüge anzunehmen fähig ist. Um die Bedingungen zu erforschen, unter denen gutes, körniges Stabeisen in sehniges verändert werden kann, hat man Versuche in gewöhnlichen Schmiedeheerden angestellt, und folgende Resultate erhalten.

1) Die Hitze, welche dem Eisen gegeben wird, um es abzurunden (um die viereckige Form in eine runde, Behufs der Anfertigung von eisernen Grubenketten, umzuändern), reicht nicht hin, das gute, körnige Stabeisen sehnig zu machen.

2) Das mit dieser Erhitzung verbundene Ablöschen eines sehnigen Stabes in Wasser, verändert die sehnige Textur noch nicht.

3) Sehniges, gutes Stabeisen, dem eine Schweißhitze gegeben worden ist, wird nach dem Ablöschen in Wasser (ohne vorheriges Schmieden) vollkommen körnig. Dieses Eisen, derselben Hitze unterworfen und dann ausgereckt, erhält nach dem langsamen Erkalten seine vorige sehnige Textur vollständig wieder, selbst dann, wenn es in einer Temperatur abgelöscht wird, bei welcher es noch roth glühet.

Bloß weißwarm gemachtes sehniges Eisen verliert durch das Ablöschen sein Gefüge nur zum Theil.

4) Körniges, bis zur Schweißhitze erwärmtes, Eisen zeigt

nach dem Ausrecken einige sehnige Stellen, und erlangt, wenn dies Verfahren einige Male wiederholt wird, eine vollkommen sehnige Textur. Bei einigen Sorten tritt diese Umänderung früher ein.

Das zu Ketteneisen u. s. f. bestimmte gute körnige Eisen muß daher, wenn es Sehnen bekommen soll, erst ganz schweißwarm gemacht, und dann unter dem Hammer bearbeitet werden. Hat das zu verarbeitende Eisen schon einige Anlage zu einem sehnigen Gefüge, so kann ein etwas geringerer Hitzgrad angewendet werden.

Eisen, welches durch solche Behandlung keine Sehnen erhält, muß als unbrauchbar zu Grubenseilen, Ketteneisen u. s. f. betrachtet werden. Aber umgekehrt läßt sich nicht auf die Anwendbarkeit des Eisens zu allem Gebrauch, der die größte Festigkeit des Eisens verlangt, alsdann schließen, wenn die sehnige Textur wirklich zum Vorschein kommt. Die Beschaffenheit des sehnigen Gefüges muß nämlich noch näher geprüft werden (§. 21.), weil auch das Stabeisen von minder fester Beschaffenheit, durch das Ausschmieden häufig sehnig wird. Dies Eisen zeigt aber im körnigen Zustande eine mehr glatte und kantige, als eine zackige und hakige Beschaffenheit des Korns, und im sehnigen Zustande zeichnet es sich durch die Kürze der Fasern, so wie durch den matten Glanz und durch die dunkle Farbe derselben unvortheilhaft aus. Sehnen, die den Glanz des matt gearbeiteten Silbers besitzen, und lichte Färbung zeigen, deuten auf ein festes und haltbares Eisen.

Je geringer der Grad der Hitze ist, und je schwächer der Druck, bei welchem sich das körnige Gefüge des Eisens in ein sehniges verwandelt, desto weniger Festigkeit und Haltbarkeit ist dem Eisen zuzutrauen.

§. 24.

Von der Textur des Eisens hängt seine Dichtigkeit, nämlich die Beschaffenheit des Eisens ab, bei dem Poliren eine

völlig gleichartige Fläche zu zeigen. Das zackigkörnige Eisen ist zum Poliren das geschickteste, und das weiche kantigkörnige Eisen, welches leicht geneigt ist, eine kurz- und grobsehnige Textur anzunehmen, taugt zum Poliren am wenigsten. Das schlechteste kantigkörnige Eisen, welches nicht einmal fähig ist, Sehnen anzunehmen, kann zwar einen hohen, sogar den höchsten, Grad von Politur erhalten; allein wegen seiner geringen Festigkeit läßt es sich nur zu wenigen Sachen anwenden. Auch das dichteste Eisen hat indeß noch nicht frei von undichten Stellen dargestellt werden können, indem es zeither noch nicht möglich war, alle undichten Stellen zwischen den Lamellen, Sehnen oder Adern, aus denen das gute Eisen zusammengesetzt zu seyn scheint, zu vermeiden. Kleine Undichtigkeiten oder Löcher, welche bei dem Poliren schwarze Flecken oder Streifen bilden, nennt man Aeschel oder Aschenlöcher; größere hingegen, welche den Zusammenhang einzelner Lamellen theilweise aufheben, werden Schiefer genannt. Obgleich die Aschenlöcher sowohl, als die Schiefer, nicht immer ein Beweis von schlechtem Eisen sind, so verursachen sie doch ein großes Hinderniß bei polirten Arbeiten, und die Schiefer können, wenn sie tief hineingehen, die ganze Arbeit unbrauchbar machen. Aschenlöcher entstehen, bei gutem und bei schlechtem Eisen, in der Regel dann, wenn das Eisen entweder nicht in vollständiger Schweißhitze, oder auch unter einem zu schwachen mechanischen Druck, bearbeitet worden ist. Schiefer sind fast immer ein Beweis von unzureichend gewesener Hitze.

Rinman a. a. O. I. 129. u. f.

§. 25.

Die Textur des Stahls ist zwar ebenfalls körnig, allein die Bruchfläche unterscheidet sich von der des Eisens dadurch, daß gar keine bestimmte Form eines einzelnen Korns zu bemerken ist, sondern daß ein ganz unbemerkbarer Uebergang von einem Korn zum andern statt findet, so daß die Fläche ein fast ganz gleichartiges Ansehen bekommt. Je dichter und gleichartiger das Korn

ist, desto besser ist der Stahl. Ausgezeichnet körniges Gefüge, besonders ein blaues, weißschimmerndes Korn und schuppige oder adrige Stellen sind jedesmal ein Beweis von vorhandenem Eisen, und je mehr solcher Stellen sich auf der Bruchfläche finden, desto schlechter ist der Stahl. Wegen seiner Härte muß der Stahl, wenn er auch zu den dünnsten Stäben ausgereckt würde, niemals eine sehnige Textur auf der Bruchfläche zeigen.

§. 26.

Die Textur des grauen Roheisens ist sehr verschieden, und geht vom vieleckigen körnigen Gefüge zu einer fein schuppigen, fast dichten Bruchfläche über, wobei es charakteristisch ist, daß die dunkle Farbe in demselben Verhältniß zurück tritt, als das körnige Gefüge unmerklicher wird. Wenn die Körner sehr platt und von schuppigen Ansehen sind, so deutet dies auf ein sehr unreines Roheisen.

Die Textur des weißen Roheisens geht aus dem strahligblättrigen Gefüge in den kleinspriттigen, und von diesem in einen dichten, fast muschligen Bruch über, wobei die weiße Farbe in demselben Verhältniß zurücktritt, als das strahlige Gefüge unmerklicher wird.

Die Textur des luckigen Floßes ist mehr zackig- als eckig-körnig, und macht einen sehr deutlichen Uebergang in das dem Stahl eigenthümliche Gefüge.

§. 27.

Weil das Roheisen eine oft sehr zusammengesetzte Verbindung des Eisens mit andern Körpern ist, so sind die von der Farbe und von der Textur des Roheisens hergenommenen Kennzeichen ungemein trügerisch, wenn von ihnen ein Schluß auf die Güte und auf die Beschaffenheit desselben gemacht werden soll. Es kann Fälle geben, in denen das weiße blättrige, und andere, in denen das graue körnige Roheisen den Vorzug verdient.

§. 28.

Das graue Roheisen zeigt niemals eine krystallinische

Bildung, sondern stets nur ein körniges oder schuppiges Gefüge. Die krystallinischen oder vielmehr die dendritischen (gestrickten) Bildungen, welche unter gewissen Umständen in den Höhlungen einer vollkommen grauen Roheisenmasse zum Vorschein kommen, dürfen nicht als graues Roheisen betrachtet werden. Es sind krystallinische Ausscheidungen, welche durch Ruhe, unter dazu günstigen Verhältnissen gebildet werden, und welche wahrscheinlich ein bestimmtes chemisches Mischungsverhältniß des Eisens mit Kohle und mit anderen Körpern besitzen. Diese Bildungen haben die Gestalt einer vierseitigen Pyramide, deren Flächen aber niemals ausgebildet sind. Solche krystallinische Ausscheidungen, welche dem regulären Krystallsystem angehören, finden sich auch in den verschiedenen Abarten des weißen Roheisens, mit Ausnahme des Spiegeleisens und des luckigen Floßes. Das Spiegeleisen ist nämlich eine rein krystallinische Bildung, zusammengesetzt aus Aneinanderhäufungen von geschobenen Säulen, deren Winkel noch näher zu bestimmen seyn werden. Die Krystalle des weißen Roheisens gehören wahrscheinlich zu dem 2 und 1 gliedrigen System. Unter den krystallinischen Ausscheidungen in dem auf der Gränze des grauen und des weißen Roheisens stehenden Roheisen, scheinen Krystallbildungen vorzukommen, welche zum regelmäßigen und zum 2 und 1-gliedrigem System gehören. Das luckige Floß ist eigentlich ein Mittelding zwischen Roheisen und Stahl und erstarrt zu schnell, als daß sich darin durch Ruhe krystallinische Bildungen aussondern könnten.

§. 29.

Das feinkörnige Gefüge des Stahls, und der Umstand, daß er niemals eine sehnige Textur annimmt, machen ihn viel dichter, und daher zu polirten Arbeiten, bei denen Politur die Hauptsache ist, viel anwendbarer, als das Stabeisen. — Auch das weiße Roheisen nimmt einen weit höheren Grad der Politur an, als das Stabeisen, und würde zu polirten Arbeiten in vielen Fällen ungemein anwendbar seyn, wenn die Härte und Sprö-

digkeit nicht ein Hinderniß wären. Das graue Roheisen ist aber zu undicht, und daher zu polirten Arbeiten gar nicht zu gebrauchen.

Specifisches Gewicht des Eisens.

§. 30.

In den Angaben der specifischen Gewichte der verschiedenen Metalle finden sich so viele Abweichungen, daß dieselben wohl nicht als Beobachtungsfehler angesehen werden können, sondern in der mehr oder weniger reinen Beschaffenheit der Metalle, deren specifisches Gewicht ausgemittelt ward, gesucht werden müssen. Daher kann es nicht auffallen, wenn dieser Mangel an Uebereinstimmung auch bei den verschiedenen Arten des Eisens gefunden wird. Zur Vergleichung des specifischen Gewichts des Eisens mit dem der anderen bekannteren Metalle möge folgende Uebersicht dienen:

Platina .	. 20,857	bis	21, 74
Gold . .	. 19,2	bis	19, 65
Quecksilber	. 13,5592	bis	13,613
Blei . .	. 11,352	bis	11,3888
Silber .	. 10,282	bis	10,510
Kupfer .	. 8,7210	bis	8,878
Nickel .	. 8,279	bis	9,0
Arsenik .	. 5,6281	bis	5,7000
Stahl .	. 7,6224	bis	7,8131
Stabeisen	. 7,30	bis	7,9125
Roheisen	. 6,6104	bis	7,7910
Zinn . .	. 7,2905	bis	7,299
Antimon	. 6,7006	bis	6,86
Zink . .	. 6,861	bis	7,1908
Kobalt .	. 7,7	bis	8,7
Wismuth	. 9,6542	bis	9,822
Mangan	. 6,85	bis	8,013 (?)

Uran . .	9,0		(6,44?)
Tellur . .	6,115	bis	6,343
Kadmium .	8,604	bis	8,6944
Molybdän .	8,615	bis	8,636
Chrom . .	5,9		
Titan . .	5,28001	bis	5,3
Scheel . .	17,22	bis	17,6
Tantal ?			
Palladium .	11,3	bis	12,148
Rhodium . .	11,0		
Iridium . .	18,68 ?		
Osmium ?			

§. 31.

Das specifische Gewicht der Eisenarten ist von mehreren Metallurgen, am genauesten und sorgfältigsten von Rinman, untersucht. Bei allen diesen Untersuchungen hat sich aber kein so bestimmtes Resultat ergeben, daß von dem aufgefundenen specifischen Gewicht des Eisens auf seine Beschaffenheit, ob es nämlich Stabeisen, Stahl oder Roheisen ist, ein sicherer Schluß gemacht werden könnte. Im Allgemeinen ergiebt sich aus allen Versuchen, daß Stahl specifisch schwerer als Stabeisen, dieses schwerer als weißes Roheisen, und dieses wieder schwerer als graues Roheisen ist; allein es giebt einzelne Sorten von Stabeisen, die schwerer sind als Stahl, und einzelne Stahlarten, die leichter sind als Stabeisen; ja es kommt sogar weißes Roheisen vor, welches sich dem Gewicht des Stabeisens nicht allein ungemein nähert, sondern dasselbe auch übertrifft; und unter den Roheisenarten ist ebenfalls keine bestimmte Gränze zu finden.

Als Durchschnittszahl läßt sich das specifische Gewicht

des Stahls zu	7,700
des Stabeisens zu	7,600
des weißen Roheisens zu . .	7,500
des grauen Roheisens zu .	7,100

das Gewicht des Wassers zu 1,000, bei einer Temperatur von 15° Reaum., annehmen.

§. 32.

Eine genaue Kenntniß des specifischen Gewichtes der verschiedenen Eisenarten hat nicht bloß ein praktisches, sondern auch ein theoretisches Interesse, insofern sich daraus künftig vielleicht auf den Verbindungszustand schließen lassen wird, in welchem sich das Eisen mit den ihm beigemischten Körpern befindet. Es mögen daher hier verschiedene Angaben von specifischen Gewichten verschiedener Eisensorten folgen, die theils von Rinman u. s. f. theils von mir selbst herrühren. Die von mir genommenen spec. Gewichte, ohne Bezeichnung, sind sämmtlich bei einer Temperatur von 15° Reaum. genommen.

A. Stabeisenarten.

1.	Stabeisen	7,643	Hawksbee
2.	Desgleichen	7,795	Levis
3.	Stahlartiges Eisen	7,731	Rinman
4.	St. von Grangerde	7,698	—
5.	Kaltbrüchiges St. eben daher	7,742	—
6.	Gutes schwed. Eisen	7,698	—
7.	Kaltbrüchiges St. von Wondollek	7,7255	
8.	— von Peiz	7,6943	
9.	— von Reinerz	7,3614	
10.	Rothbrüchiges Stabeisen	7,6748	
11.	Gutes Stabeisen aus Oberschlesischem Koakroheisen gefrischt	7,6998	
12.	Ein anderes Stück, sehr sehnig; aus Holzkohlen-Roheisen	7,6954	
13.	Desgleichen, aber mehr körnig	7,7128	
14.	Desgl, von vorzüglicher Güte	7,7052	
15.	Das weichste und zäheste (englische) Stabeisen	7,716	Pearson
16.	Ein anderes Stück	7,700	—

17. Noch ein anderes Stück . . . . . 7,780 Pearson
18. Desgleichen . . . . 7,787 —
19. Gewöhnliches (englisches) Stabeisen 7,600 —
20. Eine andere Sorte . . . . 7,450 —
21. Stabeisen . . . . 7,847 Stodart u.
22. Bestes Danemora Eisen (ein ganz ungewöhnlich hohes Gewicht) (?) 7,9125 Faraday Thompson
23. Low Moor Eisen . . . . 7,3519 —
24. Gewöhnliches Walliser Eisen . . . 7,4359 —

B. Stahlarten.

1. Weicher Stahl . . . . 7,738 Hawksbee
2. Gehärteter Stahl . . . . 7,704 —
3. Das Stabeisen Nr. 2 zu Stahl gebrannt. . . . . 7,818 Lewis
4. Stahl mit Steinkohlen gebrannt 7,758 Rinman
5. Derselbe mit Holzkohlen gebrannt, ungehärtet . . . . 7,751 —
6. Derselbe gehärtet . . . . 7,553 —
7. Englischer Cementstahl, gehärtet . 7,580 —
8. Stahl, mit Salz und Ruß cementirt 7,729 —
9. Steyerscher Rohstahl, ungehärtet . 7,782 —
10. Derselbe Stahl, gehärtet . . . . 7,822 —
11. Englischer Gußstahl, geschmiedet und geglühet . . . . 7,919 —
12. Derselbe Stahl, kalt gehämmert . 7,830 —
13. Derselbe Stahl, bei einer gelinden braunrothen Hitze gehärtet . . . 7,708 —
14. Derselbe Stahl, in weißwarmer Hitze gehärtet, grob im Bruche . 7,831 —
15. Schwedischer Cementstahl, blasig, ungereckt . . . . 7,255 —
16. Derselbe Stahl, ausgeschmiedet, aber nicht gehärtet . . . . 7,767 —

17. Wooz	7,181	Pearson
18. Desgleichen	7,403	—
19. Desgleichen aber überschmiedet	7,503	—
20. Ein anderes Stück	7,647	—
21. Umgeschmolzener Wooz	7,200	—
22. In der Weißglühhitze abgelöschter Wooz	7,166	—
23. Cementstahl aus Oeregrund-Eisen	7,313	—
24. Desgl., geschmiedet	7,735	—
25. Deutscher Rohstahl	7,500	—
26. Desgl., in der Weißglühhitze abgelöscht	7,370	—
27. Geschmiedeter Cementstahl aus Oeregrund-Eisen, in der Weißglühhitze gehärtet und abgelöscht	7,555	—
28. Desgleichen	7,570	—
29. Desgleichen, aber nicht gehärtet	7,693	—
30. Geschmiedeter Hunzmann-Gußstahl . . . 7,826, 7830 und	7,916	—
31. Desgl., in der Weißglühhitze gehärtet . . . 7,765 und	7,771	—
32. Geschmiedeter gewöhnlicher Stahl	7,794	—
33. Derselbe, gehärtet	7,676	—
34. Wooz von Bombay, nicht ausgeschmiedet	7,665	Stodart u. Faraday
35. Derselbe, gegerbt	7,670	St. u. F.
36. Wooz von Bengalen, in Kuchen oder Brocken	7,730	— —
37. Derselbe, umgeschmolzen und gehämmert	7,787	— —
38. Gewöhnlicher Stahl von Müsen (Siegen)	7,7631	

39.	Edelstahl, aus Erzen von den Nebengruben des Müsener Stahlberges	7,8042	
40.	Edelstahl, aus sehr manganhaltigen Erzen von Salchendorf (Siegen)	7,8131	
41.	Edelstahl, aus Erzen von der Grube Brüche bei Müsen	7,7820	
42.	Siegenscher Edelstahl, nach Siegener Methode gefrischt	7,7871	
43.	Siegenscher Edelstahl (aus demselben Material wie 42), nach Steyerscher Art gefrischt	7,7224	
44.	Derselbe in stärkeren Stäben	7,6224	
45.	Brescian-Edelstahl aus der Paal	7.7980	

C. Roheisenarten. (Unmittelbar aus dem Hohenofen, in so fern das Gegentheil nicht ausdrücklich bemerkt ist).

1.	Grau, grobkörnig, vom besten Gange des Ofens	7,052	Rinman
2.	Desgleichen	7,032	—
3.	Weiß und grell, aus rothbrüchigen Erzen	7,676	—
4.	Weiß und spröde; kaltbrüchig	7,428	—
5.	Grau, grobkörnig und etwas kaltbrüchig	7,275	—
6.	Grau, feinkörnig	7,175	—
7.	Lichtgrau, feinkörnig, etwas rothbrüchig	7,572	—
8.	Schwarzgrau, grobkörnig, sehr gaar	7,000	—
9.	Lichtgrau und weniger gaar	7,329	—
10.	Schwarzgrau, feinkörnig	7,090	—
11.	Weiß und grell	7,496	—
12.	Grau, kaltbrüchig	6,893	—
13.	Weiß, feinkörnig, sehr fest	7,840	—

14. Weißes Roheisen, im Flammofen umgeschmolzen . . . . 7,080 Kirwan
15. Umgeschmolzenes Roheisen . . . . . 7,012 Pearson
16. Ganz graues Koakroheisen von der Königshütte in Oberschlesien . . . 6,7949
17. Halbirtes; eben daher 7,0515
18. Weißes; eben daher 7,4405
19. Das Eisen Nr. 16, viermal im Flammofen umgeschmolzen 6,8350
20. Dasselbe im Flammofen weiß gemacht 7,5046
21. Ein anderes Stück 7,1686
22. Graues Holzkohlen-Roheisen von Neuwerk 6,9184
23. Blumige Flossen; eben daher . . . 7,5818
24. Spiegeleisen (Holzkohlen) von der Lohhütte 7,4859
25. Weißes Eisen, eben daher 7,3916
26. Halbirtes Eisen, eben daher, dem grauen Eisen sich nähernd . . . 6,8316
27. Graues Holzkohlen-Roheisen von Malapane in Oberschlesien . . . 6,7388
28. Halbirtes Roheisen; eben daher . 7,1194
29. Weißes; eben daher 7,6498
30. Im Flammofen weiß gemachtes Eisen aus grauem Holzkohlen-Roheisen 7,4945
31. Ein anderes Stück 7,5195
32. Graues Holzkohlenroheisen v. Geislautern, (zu 30 und 31 angewendet) 7,0561
33. Graues ungemein grobkörniges Koak-Roheisen von Broseley . . 6,6351
33 a. Dasselbe im Flammofen umgeschmolzen 6,9515

34. Wiesenerz-Roheisen, weißes, von Crossen, bei Holzkohlen . . . 7,2003
35. Desgleichen, graues, von Peitz . 6,9814
36. Desgleichen halbirtes, von Gottow 7,0333
37. Desgleichen, graues, bei kaltem Winde erblasen, von Peitz . . . 7,1288
38. Desgleichen, graues, bei heißem Winde erblasen, ebendaher . . . 7,0568
39. Graues Roheisen, bei Holzkohlen u. heißem Winde erblasen, v. Malapane 7,0306
40. Weißes Roheisen, bei heißem Winde erblasen, von Malapane . . . 7,5854
41. Spiegeleisen, von Müsen (Holzkohlen) 7,889
42. Ein anderes Stück 7,459
43. Ein anderes Stück . . . 7,6487
44. Graues Holzkohlen-Roheisen von Lohe 7,1526
45. Dasselbe, durch plötzliches Erstarren verändert 7,5316
46. Graues Koakroheisen, von Königshütte (Oberschlesien) bei heißem Winde erblasen 7,0897
47. Graues Koakroheisen, von Königshütte bei kaltem Winde erblasen . 7,0697
48. Aus 47 bereitetes Feineisen, (weiß, strahlig) 7,6771
49. Ein zweites Stück, mehr blättrig 7,6909
50. Koakroheisen von Königshütte, grau, mit Zuleitung von Wasserdämpfen erblasen 7,1242
51. Spiegeleisen mit grauem Saum; von Bendorf (Holzkohlen) .

weil sie in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr bedeutende Verschiedenheiten zeigen.

Rinman a. a. O. I. 106 u. f. — Pearson's Exper. and Observ. on Wootz; im Repertory of Arts. V. 49. — Stobart und Faraday, in Karsten's Archiv für Bergbau und Hüttenwesen VIII. 193. — Stengel: Archiv. IX. 243.

§. 33.

Nimmt man das Gewicht eines Preuß. Kubikfußes Wasser zu 66 Preuß. Pfunden an, so ergiebt sich das absolute Gewicht des Eisens folgendergestalt:

	Preußisches Gewicht.
Stabeisen:	
1 Preuß. Kubikfuß	514 Pfund.
1 — Kubikzoll	9,52 Loth.
Stahl:	
1 Preuß. Kubikfuß	522 Pfund.
1 — Kubikzoll	9,66 Loth.
Roheisen:	
1 Preuß. Kubikfuß	475 Pfund
1 — Kubikzoll	8,752 Loth.

Diese Zahlen werden zum praktischen Gebrauch, nämlich bei Veranschlagung des Gewichts einer aus Stabeisen oder aus Roheisen anzufertigenden Waare, vollkommen zureichend seyn.

§. 34.

Der bedeutende Unterschied in den specifischen Gewichten der grauen und der weißen Roheisenarten ist lediglich in dem Verbindungszustand des Eisens mit Kohle zu suchen. Weißes Roheisen erhält durch Schmelzen und möglichst verzögertes Erstarren eine graue Farbe und ein geringeres specifisches Gewicht. Graues Roheisen wird durch Umschmelzen und möglichst beschleunigtes Erstarren, weiß, und erlangt dadurch ein größeres specifisches Gewicht. Im Allgemeinen hat das aus Phosphor-

säure haltenden Erzen erblasene graue Roheisen, das geringste specifische Gewicht. Auch ist das bei Koaks erblasene Roheisen gewöhnlich specifisch leichter als das bei Holzkohlen erblasene Roheisen, welches dieselbe Farbe und Textur besitzt.

Bei dem Roheisen läßt sich der Einfluß, welchen das Zusammenpressen beim Erstarren auf das specifische Gewicht desselben äußern könnte, nicht ermitteln, weil auch bei dem Gießen in möglichst geschlossenen Formen, ein Druck von einiger Bedeutung nicht gegeben werden kann. Dagegen ist es höchst merkwürdig, daß das Härten bei dem Roheisen den entgegengesetzten Einfluß auf das specifische Gewicht zu haben scheint, wie bei dem Stahl. Man kann nämlich die Umwandlung des weichen grauen, in das harte weiße Roheisen, durch den Erstarrungsprozeß, ein Härten des Roheisens nennen, wobei dasselbe bedeutend an specifischem Gewicht zunimmt. Der Stahl erhält dagegen durch das Härten ein geringeres spec. Gewicht, wovon §. 32. B. 25. u. f. mehre Beispiele angeführt sind. Das Härten des Stahls unterscheidet sich freilich von dem des Roheisens dadurch, daß letzteres vorher wieder in den flüssigen Zustand versetzt werden muß, welches beim Härten des Stahls nicht geschieht. Mit großer Sorgfalt habe ich gehärteten Rohstahl durch Glühen und langsames Erkalten wieder weich gemacht, wobei sich folgende Verschiedenheiten im spec. Gewicht ergaben:

	gehärtet	nach dem Härten erweicht
Rohstahl Nr. 1.	7,7864	7,8112
— Nr. 2.	7,7451	7,8246
— Nr. 3.	7,72305	7,7847

Der Stahl Nr. 2. hatte absichtlich die stärkste Weißglühhitze erhalten und zeigte daher auch den größten Unterschied im specifischen Gewicht.

Herr Hausmann theilt (Notizenblatt des Göttingischen Vereines Bergmännischer Freunde. 1840. Nr. 31. S. 3.) folgendes Verhalten des Sollinger Gußstahls mit.

	ungehärtet	gehärtet
Sogenannter unschweißbarer Gußstahl	7,8439	7,7670
Schweißbarer Gußstahl	7,8577	7,8012

Es gewähren diese Beispiele einen neuen Belag zu der schon bekannten Erfahrung, daß der gehärtete Stahl ein geringeres specifisches Gewicht besitzt, als der ungehärtete.

Bei den dehnbaren Eisensorten verändert sich aber das specifische Gewicht auch durch das Ausstrecken, wenn es im glühenden Zustande zu geringeren Dimensionen ausgereckt, oder zu Blechen ausgebreitet wird. Dies Verhalten ist ganz demjenigen entgegen, welches das dehnbare Eisen zeigt, wenn es durch Zerreißen eine geringere Dimension bekommt, worüber später das Nähere erwähnt werden wird. Die Ursache ist ohne Zweifel eine doppelte; einmal weil das Eisen, beim Ausstrecken, wirklich nach allen Seiten zusammengepreßt wird, und dann weil dies Zusammenpressen in einer hohen Temperatur statt findet, wodurch das Eisen immer zu seinem natürlichen Zustand wieder zurückgeführt wird, statt daß es beim kalten Zerreißen eine Ausdehnung seiner Theilchen erfährt, die bis zur völligen Aufhebung des Zusammenhanges fortgesetzt wird. Herr Lagerhjelm (Versuche z. Bestimmung der Dichtheit, Stärke u. s. f. des Stabeisens §. 13.) wählte ein etwas härteres und ein etwas weicheres Stabeisen, und fand folgende Veränderungen im specifischen Gewicht bei den ausgewählten Stäben.

	Härteres Stabeisen.		Weicheres Stabeisen.	
In dem Zustande, wie sie zum Versuch angewendet wurden . .	7,8263	7,8113	7,8329	7,8146
Bei den zerrissenen Stellen	7,7825	7,7849	7,7690	7,7746

An den zerrissenen Stellen waren die Dimensionen des

Eisens, wegen der Ausdehnung durch die zerreissenden Kräfte, schwächer als die ursprünglichen Dimensionen des Stabes. Es hatte also bei dieser Verminderung der äußeren Dimensionen des Eisens kein Zusammendrücken, sondern eine wirkliche Ausdehnung, bei der Verschiebung der Theilchen des Eisens, statt gefunden, welche sich durch die Verminderung des specifischen Gewichtes zu erkennen gab.

Um dagegen den Einfluß kennen zu lernen, welchen die Verminderung der äußeren Dimensionen des Eisens, durch das Ausstrecken unter dem Hammer zu einem dünneren Eisenstabe, und durch das Auswalzen des letzteren zu Blechen von immer abnehmenden Stärken, auf das specifische Gewicht hervorbringen möge, habe ich die spec. Gewichte des so behandelten Eisens sehr genau zu bestimmen gesucht.

	1.	2.
1. Eisen in Stäben von 4 Zoll Breite und 1 Zoll Dicke	7,8010	7,7862
2. Dasselbe, unter dem Hammer zu Stäben von 4 Zoll Breite und ½ Zoll Dicke ausgestreckt	7,8122	7,7891
3. Der Stab Nr. 2. zu starken Blechen ausgewalzt	7,8388	7,8035
4. Das Blech Nr. 3. zu einem dünneren Blech ausgewalzt	7,8555	7,8399
5. Das Blech Nr. 4. noch dünner ausgewalzt	7,8621	7,8586

Der Einfluß des Schmiedens und Walzens auf die Vergrößerung des specifischen Gewichts ist also sehr bedeutend.

Beim Drathziehen erfolgt die Verlängerung des Eisens zwar ebenfalls durch die Ausdehnung mittelst ziehender Kräfte, weshalb zu erwarten wäre, daß das spec. Gewicht des Drathes geringer seyn müsse, als das des zur Drathbereitung angewendeten Eisens. Dies ist aber nicht der Fall, sondern der Drath besitzt wirklich ein größeres spec. Gewicht als das Eisen, welches

13 *

zur Bereitung angewendet ward. Es ward Stabeisen zu einem dünnen Stabe von ⅛ Zoll lang und breit im Querschnitt zu Drath gezogen und aus diesem Drath wurden Dräthe von stets abnehmender Stärke gezogen, wobei die spec. Gewichte in folgender Art gefunden wurden:

Das Materialeisen . . .	7,7938	7,7986	7,7953
Starker Drath	7,7942	7,7990	7,7978
Schwächerer Drath . . .	7.8121	7,8200	7,8172
Noch schwächerer Drath. .	7,8284	7,8312	7,8311
Schwächster Drath . . .	7,8425	7,8498	7,8452

Durch das Drathziehen nimmt das specifische Gewicht des Eisens also wirklich zu, aber in einem geringeren Verhältniß wie bei dem Auswalzen des Eisens zu Blechen, denn der feinste Drath — dessen Durchmesser ungleich geringer war, als die Stärke des dünnsten Bleches, — hatte nicht so viel an specifischem Gewicht zugenommen, als das zu dem Blech Nr. 5. ausgewalzte Eisen.

Adhäsion des Eisens.

§. 35.

Ueber die Adhäsion, nämlich über die Kraft, mit welcher feste Körper an den Oberflächen der tropfbar flüssigen Körper anhängen, sind sehr wenig Versuche angestellt worden. Obgleich der Nutzen dieser Versuche für das praktische Leben bis jetzt noch nicht einleuchtet; so dürfen die vorhandenen Beobachtungen doch nicht unberücksichtigt bleiben. Guyton Morveau bestimmte die Adhäsion mehrer Körper, indem er von jedem eine runde Platte von 1 Zoll im Durchmesser auf Quecksilber legte und durch Gewichte abriß. Dazu waren erforderlich

beim Gold . . .	446	Gran
Silber . . .	429	—
Zinn . . .	418	—
Blei . . .	372	—

Wismuth . .	317	—
Zink . . .	204	—
Kupfer . .	140	—
Spiesglanz .	126	—
Eisen . . .	115	—
Kobalt . .	8	—

Wiederholte Versuche mit mehren Flüssigkeiten bei einerlei Temperatur können über die Adhäsionskraft, welche sich weder nach dem specifischen Gewicht, noch nach der Festigkeit des starren Körpers zu richten scheint, Auskunft geben.

Guyton Morveau, Maret und Durande, Anfangsgründe der Chemie. Aus d. Franz. von Weigel, I. 49.

Härte des Eisens.

§. 36.

Härte ist bekanntlich der Widerstand, den die einzelnen Theilchen eines Körpers der Kraft entgegensetzen, welche sie von einander trennen will. Sie äußert sich also beim Ritzen, Schneiden, Bohren und überhaupt da, wo nur ein Theil des Körpers der eindringenden Kraft Widerstand leisten soll; also auch beim Schlagen und beim Stoßen, insofern hier von dem Nachgeben des einzelnen geschlagenen oder gestoßenen Theils des Körpers, und nicht von dem Widerstand die Rede ist, den der ganze Körper dem Schlage oder Stoße entgegengesetzt.

Die Grade der Härte des Stabeisens lassen sich, so verschieden sie auch sind, doch nicht genau angeben, weil wir noch keinen genauen Maaßstab zur Bestimmung der Härte besitzen. Eisen, welches beim Schlagen, Werfen u. s. f. sehr leicht Eindrücke annimmt, pflegt zwar gewöhnlich zäh und biegsam zu seyn, allein es ist nicht zu allen Arbeiten zu gebrauchen, und muß demjenigen Eisen offenbar nachgesetzt werden, welches neben den guten Eigenschaften der Zähigkeit und Festigkeit, auch noch die einer gehörigen Härte besitzt. Man theilt das Stabeisen

daher auch wohl in hartes und weiches ein, und beurtheilt nach der Textur, zu welcher von diesen beiden Arten es jedesmal gehört. Das weiche und zähe Eisen zeigt schon in nicht sehr dünnen Stäben eine langsehnige Textur und lichte Adern, deren Farbe das Mittel zwischen silberweiß und bleigrau hält. Ein solches Eisen ist von vorzüglicher Güte, obgleich es dem harten, zähen Eisen, welches nur in dünnen Stäben ein silberweißes adriges Gefüge bekommt, nachstehen muß. Das weiche Eisen hingegen, welches ein kurzsehniges Gefüge hat, und dessen Farbe auf dem Bruch das Mittel zwischen bleigrau und schwarzgrau hält, ist weich und mürbe, oder es besitzt neben der Weichheit keine Festigkeit, und gehört zu den schlechteren Eisensorten, welche sich bald abnutzen und der äußeren Gewalt auch nicht stark widerstehen.

Bei allen diesen Stabeisenarten ist es charakteristisch, daß sie, wenn sie im glühenden Zustande plötzlich im Wasser abgelöscht werden, keine bedeutend größere Härte erhalten. Dies ist auch der Fall bei einer besonderen Art des harten Eisens, welches den äußeren Einwirkungen einer Kraft, durch welche einzelne Theile desselben getrennt werden sollen, stärker widersteht, und welches nicht so leicht Eindrücke von der auf ihn eindringenden Kraft annimmt, als das weiche Eisen, welches aber neben der Härte nicht Festigkeit genug besitzt, um mit seiner ganzen Masse der äußeren Kraft zu widerstehen. Dies ist hartes und mürbes Eisen, welches auf dem Bruch eine schuppige oder eine vielkantig körnige Textur zeigt. (Roh gefrischtes und kaltbrüchiges Eisen). Das verbrannte Eisen ist dagegen stets weich und mürbe.

§. 37.

Die Härte des Stahls ist größer als die des Stabeisens. Stahl läßt sich nicht so leicht ritzen und schneiden und nimmt beim Schlagen und Stoßen nicht so leicht äußere Eindrücke an, als das Stabeisen. Er gehört zu den härtesten Stabeisenarten,

muß aber dabei zugleich zähe seyn. Eine charakteristische Eigenschaft des Stahls, welche ihn zu manchen Anwendungen ganz besonders geschickt macht, ist die, daß sich die Härte desselben ungemein vergrößert, sobald er im glühenden Zustand in einer Flüssigkeit abgelöscht oder gegen einen kalten Körper schnell abgekühlt wird. Man nennt dies Ablöschen oder Abkühlen, wegen der daraus entstehenden Wirkung, das Härten des Stahls. Ungehärteter Stahl verhält sich wie das härteste Stabeisen, und muß auch zugleich einen hohen Grad von Zähigkeit besitzen; gehärteter Stahl muß aber eine solche Härte annehmen, daß er von der besten Feile nicht angegriffen wird und daß er in Glas schneidet.

§. 38.

Das graue Roheisen hat eine ungleich geringere Härte als das weiße. Die Härte des letzteren ist so groß, daß sich selbst die lichtgrauen Abarten desselben, welche unter dem Namen des schwach halbirten Roheisens vorkommen, kaum feilen und bohren lassen. Dagegen sind die grauen Abarten des grauen Roheisens so weich, daß sie beim Schlagen oder Stoßen Eindrücke des Hammers annehmen, und sich jederzeit mit der Feile, mit dem Bohrer und mit dem Meißel bearbeiten lassen. Je mehr sich die graue Farbe ins Lichte zieht, desto mehr nimmt die Härte zu. Die Härte des weißen Roheisens ist so groß, daß es Glas schneidet, und daß die schärfste englische Feile es nicht angreift. Das Spiegeleisen besitzt daher auch die größte Härte, welche die des härtesten Stahls übertrifft. Weil diese Härte bei der Bearbeitung der Gußwaaren sehr hinderlich ist, so hat man mehre Mittel anzuwenden versucht, das harte Roheisen weich zu machen, wie weiter unten gezeigt werden wird. Die große Verschiedenheit der Härtegrade bei dem grauen und dem weißen Roheisen hat Veranlassung gegeben, das letztere Hartfloß zu nennen. Die Härte des weißen Roheisens ist so entschieden, daß alles Roheisen, welches sich gegen die Feile und

gegen den Hammer nicht weich verhält, und welches sich nur schwer bohren läßt, ganz gewiß in überwiegender Menge aus weißem Roheisen besteht, wenn auch die weiße Farbe, durch die Beimengung von grauem Roheisen, nicht deutlich zum Vorschein kommt. Alles weiche Roheisen hingegen ist entweder graues Roheisen oder enthält dieses doch in überwiegender Menge. — Man pflegt aber das graue Roheisen nicht Weichfloß (weiche Flossen) zu nennen, sondern bedient sich dieser Benennung für die luckigen Flossen (§. 18.) welche zwar als eine Abart des weißen Roheisens betrachtet werden, aber eigentlich als ein eigenthümliches Produkt, welches sich mehr dem Stahl als dem Roheisen nähert, anzusehen sind.

§. 39.

Die Sprödigkeit, oder die Eigenschaft des Körpers, daß sich ein Riß in demselben weiter verbreitet, als die Kraft ihn würde bringen können, die als trennend in ihn eindrang, scheint zwar gewöhnlich mit der Härte verbunden zu seyn; allein sie kann doch nicht als eine Folge der Härte betrachtet werden, weil es auch harte und geschmeidige Körper giebt. Je größer die Härte des Eisens, und je geringer dabei seine Sprödigkeit, je größer folglich seine Zähigkeit und Geschmeidigkeit sind, für desto vollkommner muß das Eisen gehalten werden. Das harte und mürbe Eisen würde man daher auch hartes und sprödes Eisen nennen können, wobei indeß wohl zu bemerken ist, daß zwar alles harte und mürbe Eisen spröde, aber nicht alles harte und spröde Eisen mürbe genannt werden darf, indem das geschmeidige Eisen durch viel kaltes Hämmern, und der geschmeidige Stahl durch Ablöschen im Wasser spröde wird, ohne deshalb mürbe gewesen zu seyn. Diese Sprödigkeit muß sich durch Erhitzung wieder verlieren, wogegen das eigentliche mürbe Eisen immer spröde bleibt. In vielen Fällen muß von diesem Verhalten der Körper, bei der Verarbeitung des Eisens Gebrauch

gemacht, und die durch vieles kaltes Hämmern erlangte Sprödigkeit durch Ausglühen wieder gehoben werden.

§. 40.

Es ist bekannt, daß alle Körper in der Hitze einen Theil ihrer Härte verlieren. Das Stabeisen, der Stahl und das Roheisen sind im glühenden Zustande ebenfalls weicher, als im erkalteten Eisen, welches sich daher im kalten Zustande ohne den größten Kraftaufwand nicht schneiden lassen würde, läßt sich im glühenden Zustande durch zweckmäßig konstruirte Scheeren leicht zertheilen. Sogar Roheisen, welches in der Kälte gar nicht würde zerschnitten werden können, verliert im glühenden Zustande nicht bloß einen großen Theil seiner Härte, sondern auch seine Sprödigkeit, und läßt sich mit gewöhnlichen Holzsägen zerschneiden. Die merkwürdige Erscheinung, daß weiches Stabeisen harten Stahl durch schnelle Umdrehung zu zerschneiden vermag, hat ebenfalls darin ihren Grund, daß sich der Stahl stärker erhitzt, als das Eisen, wenn die Eisenscheibe bei ihrer Umdrehung gegen den Stahl wirkt.

Schweiggers neues Journal für Chemie und Phys. 1812. V. 441 u. f. — Archiv für Bergbau und Hüttenwesen IX. 563. Extrait d'une lettre adressée à Mr. d'Arcet, sur les moyens de scier la foute de fer à chaud. Avec une note de Mr. d'Arcet. Annales de Chimie. T. 82. p. 218.—228. Archiv u. s. f. VIII. 412.

Cohäsion des Eisens.

§. 41.

Der Widerstand, welchen ein Körper der Gewalt entgegensetzt, die seinen Zusammenhang zu ändern oder aufzuheben strebt, ist die Wirkung der Cohäsion des Körpers. Diese Kraft oder Eigenschaft äußert sich auf verschiedene Weise, je nachdem die von außen auf den Körper einwirkende Kraft, die Theile des Körpers von einander zu entfernen, oder einander zu nähern strebt. Eine solche Einwirkung einer äußern Kraft auf den

Körper ist jederzeit mit einer Formänderung des letzteren verbunden, deren Größe mit der Größe der einwirkenden Kraft in einem bestimmten Verhältniß steht. Ist die Kraft geringe, so ist die Formänderung vorübergehend und der Körper nimmt dann die Form wieder an, welche er vor der Einwirkung der äußeren Kraft besaß. Werden größere Kräfte angewendet, so kann der Zusammenhang des Körpers entweder ganz aufgehoben werden, oder es treten Formänderungen ein, die, nach dem Aufhören der einwirkenden Kraft, nicht, oder wenigstens nicht vollständig wieder verschwinden. Mit der Formänderung stehen aber auch Veränderungen in den physikalischen Eigenschaften des Körpers in Verbindung, welche sich durch sein verändertes specifisches Gewicht, durch die veränderte Capacität für Wärme und durch Veränderungen in der Festigkeit zu erkennen geben.

Wenn die äußeren Kräfte auf einen Körper in grader Linie, aber in entgegengesetzten Richtungen wirken, um die Theile desselben zu *entfernen*, oder den Körper auseinander zu reißen, so äußert sich die Cohäsion als *Zähigkeit* oder als *Steifheit*, welche man *Dehnbarkeit* nennt, wenn der Körper die verlängerte Gestalt behält, und als *attractive Elasticität*, wenn er seine alte Gestalt wieder annimmt. Der Körper leistet dann mit seiner *absoluten Festigkeit* Widerstand gegen die Kräfte, welche den Zusammenhang seiner Theile aufzuheben streben, und er wird vermöge dieser Kraft, die sich als Wirkung seiner Elasticität oder seiner Dehnbarkeit zu erkennen giebt, so lange Widerstand leisten, als die Größe der äußeren Kraft noch nicht genügend ist, ihn auseinander zu reißen.

Wirken die äußeren Kräfte auf den Körper ebenfalls in gerader Linie, aber in entgegengesetzten Richtungen, um die Theile desselben zu *nähern*, oder zusammenzudrücken, so äußert sich die Cohäsion als *Geschmeidigkeit*, wenn der Körper die zusammengedrückte Gestalt nach Aufhebung der von außen einwirkenden Kräfte behält, und als *repulsive Elasticität*,

wenn er seine alte Gestalt wieder annimmt. Der Körper leistet dann mit seiner rückwirkenden Festigkeit (eine allgemein recipirte, obgleich nicht gutgewählte Benennung), den Widerstand gegen die Kräfte, welche den Zusammenhang seiner Theile aufzuheben streben, und er wird vermöge dieser Kraft ebenfalls so lange widerstehen, als die äußeren Kräfte noch nicht zureichen, seine Theile zu trennen.

Schneiden die von außen einwirkenden trennenden Kräfte die Richtung, nach welcher sich die Theilchen des Körpers vermöge der Cohäsionskraft zu nähern streben, so äußert sich die Cohäsion als Biegsamkeit, wenn der Körper die gebogene Gestalt nach Aufhebung der wirkenden Kräfte behält, und als relative Elasticität (Springkraft, Federkraft), wenn er seine alte Gestalt wieder annimmt. Der Körper leistet dann mit seiner relativen oder respectiven Festigkeit den Widerstand gegen die Kräfte, welche ihn zu zerbrechen streben.

Nach welchen Richtungen die äußeren Kräfte auch wirksam seyn mögen, so besteht der Erfolg der Wirkung derselben doch immer in der Verschiebung der Theile des Körpers. Die Verschiebbarkeit der Körpertheilchen bei der Einwirkung äußerer Kräfte ist also eine allgemeine Bezeichnung für die Cohäsionskraft der Körper, zufolge welcher sie der mechanischen Gewalt, welche ihre Theile trennen will, bis zu einem gewissen Grade nur dadurch Widerstand leisten, daß sie der Formveränderung folgen, welche durch die Richtung der äußeren Kräfte bestimmt wird. Die Größe der äußeren Kräfte, so wie die Größe der Elasticität des Körpers, entscheiden über die Größe der Formveränderung, die der Körper erleidet. Je geringer die ausdehnenden, zusammendrückenden oder beugenden Kräfte, oder auch je größer die attractive, repulsive oder die relative Festigkeit des Körpers sind, desto vollständiger werden die durch die äußeren Kräfte entstandenen Verlängerungen, Verkürzungen oder Beugungen wieder verschwinden, wenn die Kräfte zu wirken aufhören.

Wenn man nur diesen, wieder verschwindenden Theil der Formänderung der Körper, der Wirkung der Elasticität des Körpers zuzuschreiben gewohnt ist; so darf man doch mit dieser Ansicht nicht die Voraussetzung verbinden, daß die Elasticität des Körpers aufgehört habe, wirksam zu seyn, sobald die äußeren Kräfte die Festigkeit des Körpers so überwältigen, daß die Formveränderungen nach dem Aufhören der Wirkung der Kräfte nicht wieder verschwinden. Es gereicht gewissermaaßen nur zur Erleichterung der Vorstellung, daß man sich die, den Widerstand leistende Kraft des Körpers gegen die Formänderung durch äußere Kräfte, als zwei besondere Kräfte denkt, von denen man die eine die Elasticität, und die andere — je nach der Richtung der äußeren Kräfte, — die Zähigkeit, Geschmeidigkeit oder Biegsamkeit genannt hat. Die Wirkung der Cohäsion äußert sich stets als ein durch die Verschiebung der Körpertheilchen bewirkter Widerstand gegen die Formveränderung, die durch äußere Kräfte veranlaßt wird; aber die festen Körper, und in einem ausgezeichneten Grade die Metalle, besitzen die Eigenthümlichkeit, die Formveränderung theilweise beizubehalten, wenn die, eine Formveränderung herbeiführenden Kräfte, eine gewisse Größe überschritten und zu wirken aufgehört haben. Indem man durch die Erfahrung belehrt war, daß die durch äußere Gewalt hervorgebrachte Formveränderung, sobald jene Kraft zu wirken aufhörte, bald eine wieder verschwindende, bald eine bleibende war, glaubte man den Grund des ersten Erfolges in der Elasticität, und den des zweiten Erfolges in der Verschiebbarkeit der Theile des Körpers suchen zu müssen. Beide Erscheinungen sind aber die Wirkungen einer und derselben Kraft, nämlich der Cohäsionskraft der festen Körper. Eine Formveränderung des Körpers, ohne eine Verschiebung der Körpertheilchen, ist nicht denkbar; es findet daher eine solche Verschiebung eben sowohl bei den wieder verschwindenden als bei den bleibenden Formveränderungen statt. Elasticität und Verschiebbarkeit sind daher in diesem Sinne Be-

zeichnungen für eine und dieselbe, nur dem Grade nach verschiedene Kraft. Dennoch besteht darin ein wesentlicher Unterschied, ob die Formveränderung ganz, oder nur theilweise wieder verschwindet. Im ersten Fall werden die, durch die äußeren Kräfte verschobenen Körpertheilchen, durch die Cohäsionskraft des Körpers wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück geführt, sobald die äußeren Kräfte zu wirken aufgehört haben. Im zweiten Fall ist die Cohäsionskraft des Körpers durch die Wirkung der äußeren Kräfte theilweise überwältigt, indem nur ein Theil der durch die letzteren bewirkten Verschiebung, durch die Cohäsionskraft wieder beseitigt wird, ein anderer Theil aber bleibend und von nun an ein Eigenthum des Körpers geworden ist, zu dessen Erhaltung es irgend einer Kraft durchaus nicht weiter bedarf. Jede bleibende Formveränderung des festen Körpers war daher, so lange die äußeren Kräfte noch wirken, aus zwei Theilen zusammengesetzt, nämlich aus einem Theil, der bei dem Aufhören der wirkenden Kräfte eben so verschwindet, wie die ganz wieder verschwindende Formveränderung bei der Anwendung schwacher Kräfte; und aus einem zweiten, bleibenden Theil. Der letztere ist es, zu welchem die Verschiebbarkeit des Körpers als Ursache angegeben wird. Verschiebungen der Körpertheilchen müssen indeß bei den verschwindenden und bei den bleibenden Formveränderungen statt finden, weshalb es, wenigstens vor der Hand, am einfachsten zu seyn scheint, die permanenten und die verschwindenden Formveränderungen eines Körpers durch die Wirkung äußerer Kräfte, in einer dem Grade nach verschiedenen Kraftäußerung der Cohäsion zu suchen.

Werden die Kräfte, welche die Form eines festen Körpers zu verändern streben, in einem noch höheren Grade gesteigert, so wird die Cohäsionskraft des Körpers zuletzt ganz überwunden und der Zusammenhang der Theilchen gänzlich aufgehoben. Nach den oben angegebenen Richtungen der Kräfte, wird der Körper entweder *zerrissen*, oder *zerdrückt* oder *zerbrochen*.

Für den Techniker ist es von besonderer Wichtigkeit, die Gränze zu kennen, bis zu welcher ein Körper, nach dem Aufhören der Einwirkung äußerer Kräfte, seine vorige Gestalt wieder annimmt, und die Gränze, bis zu welcher der Zusammenhang der Theile völlig aufgehoben wird. Jene erste pflegt man die Gränze der vollkommenen Elasticität zu nennen, so wie die zweite die Gränze der Festigkeit. Es ist einleuchtend, daß eine genaue Kenntniß der Gränze der vollkommenen Elasticität für den Techniker von dem höchsten Interesse seyn muß, weil er bis zu dieser Gränze von der Cohäsionskraft des festen Körpers einen vollständigen Gebrauch machen kann, und ein Zerreißen, Zerdrücken oder Zerbrechen desselben nicht befürchten darf. Jeder feste Körper muß nothwendig seine eigenthümliche Elasticitätsgränze haben, eben weil sie offenbar in dem ganzen Wesen des Körpers in eben der Art begründet ist, wie sein specifisches Gewicht und seine Härte. Es scheint auch nur eines einfachen Versuches zu bedürfen, um die Elasticitätsgränze und die Gränze der Festigkeit zu bestimmen. Viele Physiker und Techniker haben sich mit der Bestimmung dieser Gränzen, bei verschiedenen Körpern, so auch bei dem Stabeisen, Stahl und Roheisen beschäftigt. Gleichwol ist man bisher noch nicht zu ganz zuverlässigen Resultaten gelangt. Die Ursache ist theils in der technischen Schwierigkeit zu suchen, mit welcher die Anstellung ganz genauer Versuche verbunden ist, theils aber und ganz vorzüglich in der Beschaffenheit des zu untersuchenden Materials selbst. Die Beimischungen und Beimengungen, — zum großen Theil von noch nicht einmal ganz bekannter Natur — modificiren die Festigkeit der verschiedenen Eisenarten in einem so hohen Grade, daß es noch nicht hat gelingen wollen, die Gränze der vollkommenen Elasticität und die Gränze der Haltbarkeit des Stabeisens festzustellen. Man muß sich mit Durchschnittsangaben begnügen, auf welche oft auch nicht einmal ein großer Werth zu legen ist. Noch unzuverlässiger sind die Angaben bei dem Stahl und bei

dem Roheisen, denn beide sind Verbindungen des Eisens mit einem andern Körper, der durch seinen verschiedenartigen Verbindungszustand und durch die sehr abweichenden Quantitäten, mit welchen er in die Mischung mit dem Eisen eingeht, zu sehr verschiedenen Eisenlegirungen Veranlassung giebt. Nächstdem enthalten Stahl und Roheisen fast immer noch kleine Quantitäten von anderen Körpern beigemischt, wodurch die Verschiedenartigkeit unter den zur Prüfung ihrer Haltbarkeit gekommenen Stahl- und Roheisenarten noch größer wird. Es müssen daher gewisse Durchschnittszahlen zum Anhalten dienen, theils um mit denselben die ermittelte Elasticitätsgränze und die Haltbarkeit derjenigen Eisenarten zu vergleichen, deren Festigkeit zu einem gewissen Zweck man prüfen will, theils um für die Technik eine wenigstens allgemeine Angabe zu haben, bis zu welcher Gränze der Elasticität und der Haltbarkeit des Stabeisens, des Stahls und des Roheisens zu trauen ist.

§. 42.

Die Formveränderungen des Eisens sind mit sehr merkwürdigen physikalischen Erscheinungen begleitet. Solche Veränderungen, welche, nach Aufhebung der wirkenden Kräfte, nicht bleibend sind, folgen dem allgemeinen Gesetz in dem Verhalten zur Wärme und in der Veränderung des specifischen Gewichtes (Weber, in Poggendorffs Annalen XX. 177.). Besteht nämlich die Veränderung in dem Auseinanderziehen der Körpertheilchen, so entsteht eine Temperaturerniedrigung und eine Volumenvermehrung, d. h. ein vermindertes specifisches Gewicht. Besteht die Veränderung in dem Zusammendrücken der Körpertheilchen, so ist davon eine Temperaturerhöhung und eine Volumenverminderung, also ein vergrößertes specifisches Gewicht die Folge. — Sind dagegen die Formveränderungen bleibend, so wird jederzeit eine, oft höchst bedeutende Temperaturerhöhung eintreten, aber das specifische Gewicht vermindert sich bei dem Auseinanderziehen der Körpertheilchen und vergrößert sich beim

Zusammendrücken. Die Temperaturerhöhung ist also eine Folge der gewaltsam statt findenden Verschiebung der Körpertheilchen, es mögen dieselben mehr von einander entfernt, oder einander näher gebracht werden. So lange daher die Gränze der vollkommenen Elasticität noch nicht überschritten ist, sind die Temperaturveränderungen den gewöhnlichen Gesetzen unterworfen.

Bei den bleibenden Formveränderungen befolgen die verschiedenen Abarten des Stabeisens, des Stahls und des Roheisens nicht einerlei Verhalten. Bei den Belastungen bis zur Gränze der vollkommenen Elasticität scheint eine ziemliche Uebereinstimmung, wenigstens zwischen den harten und den weichen Eisenarten einer und derselben Gattung, statt zu finden und diese Gränzen dürften bei den verschiedenen Abarten von Stabeisen nicht sehr abweichend seyn. Sobald aber diese Gränze überschritten ist, tritt eine große Verschiedenheit in der Größe der bleibenden Formveränderung ein, indem die härteren, bei der Anwendung derselben Größe der Kräfte, ihre Form in einem geringeren Verhältniß verändern, als die weicheren. Der Betrag der Verschiebung ist also bei den weicheren größer als bei den härteren. Wird die Belastung bis zur völligen Aufhebung des Zusammenhanges der Körpertheilchen erhöhet, so wird die Verschiedenheit im Verhalten noch auffallender. Die härteren Eisenarten, bei welchen der Betrag der Verschiebung nicht bedeutend ist, lassen sich in der Regel stärker belasten, ehe sie zerrissen oder zerdrückt werden, obwohl auch Ausnahmen von dieser Regel vorkommen; wenn aber die Belastung bis zu dem Grade erfolgt ist, daß eine Trennung der Körpertheilchen eintritt, so erfolgt diese Trennung, ohne eine vorher gegangene bedeutende Verschiebung, fast plötzlich und mit einer nicht beträchtlichen Entwickelung von Wärme, dagegen aber sehr häufig mit Lichterscheinungen und mit einem mehr oder weniger heftigen Knall. Die weicheren Eisenarten, welche vor der Trennung der Körpertheilchen, eine bedeutende bleibende Verschiebung derselben

erleiden, entwickeln eine oft höchst beträchtliche Temperaturerhöhung, wobei sich kaum ein dumpfes Geräusch vernehmen und niemals Spuren von Lichterscheinungen beobachten lassen. Die harten Stabeisenarten, der nicht zu weiche Stahl und alle mehr weiß als graugefärbten Roheisenarten erleiden einen geringen Betrag von bleibender Verschiebung und zeigen Lichtentwickelungen in dem Augenblick, wo ihre Cohäsionskraft unter starkem Geräusch durch die äußeren Kräfte ganz überwältigt wird. Die weichen Stabeisenarten, so wie das mehr grau als weiß gefärbte Roheisen, erfahren einen bedeutenden Betrag von bleibender Verschiebung und entwickeln dabei eine sehr beträchtliche Wärme, die bis zu dem Augenblick fortdauernd entbunden wird, wo der Zusammenhang der Körpertheilchen fast ohne alles Geräusch aufgehoben wird.

Alle Erfahrungen deuten darauf hin, daß die Größe der Formveränderungen, so lange als die Gränze der vollkommenen Elasticität noch nicht überschritten ist, in geradem Verhältniß mit der Größe der Kräfte steht, welche die Formveränderung hervorgebracht haben. Diese Gesetzmäßigkeit ist jedoch nur so lange warzunehmen, als der Körper, nach dem Aufhören der wirkenden Kräfte, seine vorige Gestalt und seine ursprünglichen Dimensionen wieder annimmt. Sobald die Formveränderung, durch Verstärkung der Kräfte, eine bleibende wird, hört die Gesetzmäßigkeit auf und die Formveränderungen stehen nicht mehr mit der Größe der Kräfte in einem erkennbar gesetzmäßigen Verhältniß. Man kann die unter solchen Umständen eintretende Formveränderung als aus zwei Theilen bestehend betrachten, von welchen der eine, eben so wie die Formveränderungen innerhalb der Gränze der vollkommenen Elasticität, der Größe der wirkenden Kräfte proportional ist und mit dem Aufhören ihrer Wirkung wieder verschwindet, und von denen der andere Theil, welcher die bleibende Formveränderung zur Folge hat, in einem größeren, nämlich mit der zunehmenden

Größe der wirkenden Kräfte immer mehr gesteigerten Verhältniß zunimmt, bei welchem eine Gesetzmäßigkeit bis jetzt noch nicht hat aufgefunden werden können.

§. 43.

Die Bestimmung der Anfangspunkte der bleibenden Verschiebungen hat nicht allein, wie vorhin schon angedeutet worden, ein großes praktisches Interesse, sondern es knüpft sich daran auch eine andere bemerkenswerthe Erscheinung. Körper nämlich, welche, über die Gränze der vollkommenen Elasticität hinaus, belastet worden sind und dann wieder entlastet werden, zeigen bei abermaliger Belastung, welche jedoch die Größe der zuerst angewendeten nicht überschreiten muß, nur noch eine Formveränderung, wie sie derjenigen bis zur vollkommenen Elasticität entspricht, aber keine bleibende Veränderung der Form, welche erst bei Anwendung stärkerer Kräfte wieder eintritt. Dies Verhalten kann als Beweis angenommen werden, daß man sich die Formveränderungen über die Gränzen der vollkommenen Elasticität hinaus, nicht bloß in der Vorstellung als aus zwei Theilen zusammengesetzt zu denken habe, sondern daß der wirkliche Erfolg auch mit dieser Vorstellung übereinstimmt. Ein solcher Erfolg zeigt sich nicht bloß dann, wenn der Körper nach mehrständiger Einwirkung der äußeren Kräfte die ganze bleibende Formveränderung erlitten hat, welche er bei der angewendeten Größe der Kraft erfahren konnte; sondern er wird auch wargenommen, wenn der Zusammenhang der Theile des Körpers, durch die in Anwendung gekommenen Kräfte ganz aufgehoben worden ist und wenn die zerrissenen, zerdrückten u. s. f. Theile des Körpers, der abermaligen Belastung durch Kräfte, welche die bei der ersten Operation angewendeten, an Stärke nicht übertreffen, unterworfen werden. Dieser Erfolg ist besonders deshalb merkwürdig, weil er eine Erscheinung erklären hilft, von welcher der wahre Grund bisher noch nicht hat aufgefunden werden können. Ein und dasselbe Metall nämlich besitzt, in schwa-

chen Stäben oder auch zu Drath ausgezogen, und, — wie sich von selbst versteht — auf eine gleiche Fläche bezogen, eine ungleich größere Festigkeit, als wenn es in dickeren Stücken den Einwirkungen der äußeren Kräfte ausgesetzt wird. Das Ausstrecken zu dünneren Dimensionen hat hier gewissermaaßen die Stelle der äußeren Kräfte vertreten, welche die Formveränderung des Körpers bewirkten. Nächstdem zeigt sich bei dem Stabeisen und Stahl, deren Cohäsionskraft durch ziehende oder drückende Kräfte überwältigt worden ist, auch die, bei mehren anderen Metallen, wenn auch nicht in einem gleich hohen Grade, ebenfalls bekannt gewordene Eigenschaft, daß die einzelnen zerrissenen oder zerdrückten Theile, zwar wieder bleibende Formveränderungen erfahren, wenn stärkere Kräfte als bei der ersten Operation, bei welcher der Zusammenhang der Theilchen aufgehoben ward, in Anwendung gebracht werden, daß aber durch diese Anwendung stärkerer Kräfte bald eine abermalige Ueberwältigung der Cohäsion eintritt, daß also bleibende Formveränderungen von beträchtlichem Belange nicht mehr hervorgebracht werden können. Werden dagegen die zerrissenen oder zerdrückten Theile, oder auch die Eisenmassen, welche schon eine bedeutende bleibende, und bis zur Ueberwältigung der Cohäsion noch nicht gesteigerte Formveränderung erfahren haben, in Glühhitze gebracht, so wird das Eisen durch das Ausglühen genau wieder in denselben Zustand versetzt, den es vor der ersten Anwendung der dehnenden und drükkenden Kraft gehabt hat. Dieser Eigenthümlichkeit verdankt man die Möglichkeit, die mehrsten Metalle, besonders das Eisen und den Stahl, zu feinen Dräthen auszuziehen und zu den dünnsten Blechen auszubreiten. Durch das Ausglühen wird eine Sprödigkeit gehoben, welche wahrscheinlich eine Folge der gezwungenen Lage der Körpertheilchen ist, in welche diese durch die Verschiebung versetzt werden. Das Ausglühen bewirkt daher in der That eine Verminderung der Cohäsionskraft des Eisens, aber es bringt dasselbe mehr oder weniger in seinen ursprünglichen

Zustand zurück, wodurch es fähig wird, von neuem wieder bleibende Formveränderungen durch die Einwirkung äußerer Kräfte, in einem größeren Betrage anzunehmen.

§. 44.

Auch die Zeit, welche auf die Formveränderungen des Eisens durch äußere Kräfte angewendet wird, ist von nicht unwesentlichem Einfluß. Wendet man stärkere Kräfte an, als nach der Erfahrung zu einer wieder verschwindenden Formveränderung des Eisens erforderlich sind, läßt diese aber nur sehr kurze Zeit wirken, so wird das Eisen doch, nach dem Aufhören der Wirkung dieser Kräfte, genau oder fast genau seine frühere Form in den ursprünglichen Dimensionen wieder annehmen, vorausgesetzt daß die Kräfte nicht sehr bedeutend stärker waren, als die Gränze der vollkommenen Elasticität es erlaubte. Die stärkere Kraft konnte also in einem kurzem Zeitraum bleibende Verschiebungen nicht hervorbringen, welche bei einer länger dauernden Einwirdung unfehlbar eintreten. Hat aber die Stärke der in Anwendung gebrachten Kraft, die Gränze der vollkommenen Elasticität nicht überschritten, so wird zwar, — so weit die jetzigen Erfahrungen reichen, — niemals eine bleibende Formveränderung eintreten, sondern nur eine, nach der Wegnahme der Kräfte, wieder verschwindende Verschiebung der Theilchen des Körpers, wenn auch die Einwirkung der Kräfte viele Stunden und Tage lang statt gefunden hat; allein das Zurückgehen des Körpers auf seine ursprüngliche Form und Dimensionen, wird um so langsamer erfolgen, je länger die Einwirkung der Kräfte fortgesetzt worden ist.

§. 45.

Von der absoluten Festigkeit des Eisens.

Obgleich es durch die Versuche mehrer Physiker erwiesen ist, daß das beste Stabeisen jeden andern bekannten Körper an Festigkeit übertrifft; so fehlt es doch noch sehr an genauen Versuchen

zur Bestimmung der Festigkeit von vielen Eisensorten, um den Einfluß der Beschaffenheit des Eisens auf seine Festigkeit näher zu erkennen. Ob hartes festes Eisen, dem weichen festen Eisen, oder dieses jenem vorzuziehen ist, hängt von der jedesmaligen Anwendung ab, die von dem Eisen gemacht werden soll. Das harte feste Eisen scheint seine Festigkeit mehr durch Zähigkeit und durch eine geringere Brüchigkeit, das weiche feste Eisen hingegen mehr durch Geschmeidigkeit zu äußern; denn die verschiedenen Aeußerungen der Festigkeit stehen so wenig in gleichem Verhältniß, daß einem wenig zerbrechlichen Körper die Dehnbarkeit und die Geschmeidigkeit gänzlich abgehen können. Es ist daher auch nothwendig, die Größe der Festigkeit der verschiedenen Eisenarten, nach den Umständen, unter welchen sie sich äußert, besonders zu betrachten.

Daß die absolute Festigkeit mit den Flächen, welche getrennt werden sollen, in geradem Verhältniß steht, ist eine unmittelbare und nothwendige Folge von der Art, wie sie den trennenden Kräften entgegen wirkt. Wenn die Erfahrung diese Regel nicht immer bestätigt, und wenn Eisen mit verschiedener Größe der Bruchflächen eine größere oder geringere Festigkeit zeigt, als ihm nach der Bruchfläche zukommen sollte; oder wenn ein und dasselbe Eisen, bei ganz gleichen Durchschnittsflächen, sich in der absoluten Festigkeit sehr verschieden verhält, je nachdem das Verhältniß der Dicke zur Breite auf verschiedene Weise, jedoch immer so abgeändert wird, daß der Flächeninhalt des Querschnitts derselbe bleibt; so ist diese Verschiedenheit im Verhalten nur darin zu suchen, daß sich die Beschaffenheit des Eisens vor der Anstellung des Versuches geändert hat, entweder indem die Theilchen desselben durch mechanische Kräfte einander mehr genähert wurden, oder indem wirklich eine chemische Mischungsveränderung mit den Veränderungen in den Dimensionen verbunden war. Bei dem Roheisen müssen außerdem der stärkere oder schwächere Druck beim Guß, die Beschaffenheit der Form, in welcher der Guß

vorgenommen wird, die Temperatur-Verschiedenheiten des in Fluß gebrachten Roheisens, und endlich die Umstände, unter welchen die Erstarrung erfolgte, berücksichtigt werden. Dadurch wird es ungemein schwierig, die absolute Festigkeit der verschiedenen Eisenarten zu bestimmen und eine Uebereinstimmung in den Resultaten der Versuche zu erhalten.

Ein absolut steifer Körper, d. h. ein Körper, der sich vor dem Zerreißen nicht mehr oder weniger verlängerte, ist ohne Zweifel nicht vorhanden. Die erste Wirkung der Kräfte, welche das Eisen zu zerreißen streben, wird darin bestehen, dasselbe zu verlängern, und das Maaß der *Dehnbarkeit* wird durch die Größe der dehnenden Kraft bestimmt werden können, indem sie mit derselben im geraden Verhältniß steht. Es ist bereits erwähnt, daß es eine Gränze giebt, bis zu welcher das Eisen seine vorige Länge wieder erhält, wenn die Wirkung der dehnenden Kräfte aufgehoben wird. In so fern man annehmen kann, daß der Zusammenhang der Theilchen des Eisens bis zu dieser Gränze nicht wesentlich verändert wird, sondern daß die Veränderung *erst alsdann* eintritt, wenn das Eisen, nach Entfernung der dehnenden Kräfte, in dem ausgedehnten Zustande beharrt; gewähren die Versuche über die Ausdehnungsfähigkeit des Eisens bis zu dieser Gränze einen großen Nutzen für die Anwendung, indem sie zeigen, wie weit die absolute Festigkeit des Eisens mit Sicherheit in Anspruch genommen werden kann.

Die dem Zerreißen vorhergehende Ausdehnung des Eisens, welche nach Aufhebung der dehnenden Kräfte nicht wieder verschwindet, also die bleibende Verlängerung bei der Ausdehnung, ist es, wodurch die Bestimmung des absoluten Maaßes der Festigkeit ungewiß wird. Die in Zahlen ausgedrückte, unmittelbar durch Versuche aufgefundene Größe der Kraft, welche das Eisen zerreißt, wird nämlich auf die ursprüngliche Fläche des Querschnitts bezogen werden müssen, um ein sicheres Urtheil über die Festigkeit des Eisens *in der angewendeten Dimen-*

sion zu erhalten, obgleich sie sich auf diejenige Durchschnitts-fläche bezieht, bei welcher die absolute Festigkeit des Eisens beim Zerreißen völlig überwunden ward. Eine bleibende Dehnung, also eine Verminderung der Größe des Querschnitts, findet aber jedesmal beim Zerreißen des Eisens statt, und bei dem einen Eisen, dem härteren, in einem geringeren Grade als bei dem weicheren Eisen, und es findet hier der schon früher im Allgemeinen betrachtete Fall statt, daß sich die Festigkeit des Eisens vergrößert, wenn es in kleineren Dimensionen angewendet wird, in so fern die Größe der dehnenden Kraft auf eine und dieselbe Größe des Querschnitts bezogen wird. Man hat daher auch die absolute Festigkeit des schon in einen stärker ausgedehnten Zustand gebrachten Eisens, nämlich des Drathes, besonders geprüft, weil man häufig in den Fall kommt, davon Gebrauch zu machen. Die Verarbeitung des Eisens zu Drath geschieht stets mit Anwendung besonderer Mittel, nämlich durch ein von Zeit zu Zeit erfolgendes Ausglühen des gedehnten Metalles; auch wird bei dieser Verarbeitung, wenigstens bei den ersten Vorarbeiten, nicht blos von der absoluten, sondern auch von der rückwirkenden Festigkeit (beim Breiten und Ausziehen des Materials) Gebrauch gemacht, und endlich werden alle Vorarbeiten in einer sehr erhöheten Temperatur vorgenommen, welche die Verschiebung der Theile erleichtert. Daß aber die absolute Festigkeit eines und desselben Eisens, wenn es zu kleineren Dimensionen zurückgeführt worden ist, und besonders, wenn es im Zustande des Drathes angewendet wird, größer ist, als sie bei stärkeren Dimensionen gefunden wird, davon ist der wahre Grund eigentlich nicht einzusehen, wenn man auch vermuthen muß, daß er in der Lage der verschobenen Theilchen zu suchen ist, welche — wenigstens bis zu einem gewissen Grade, — eine mehr gleichförmige Richtung angenommen haben. Es ergiebt sich jedoch aus diesem Verhalten, wie wesentlich verschieden die absolute Festigkeit eines Me-

talles gefunden werden kann, je nachdem dasselbe in stärkeren oder schwächeren Stäben zu den Versuchen angewendet ward.

Die Bestimmung der absoluten Festigkeit des Eisens wird auch noch dadurch erschwert und unsicher gemacht, daß man in der Regel sehr zusammengesetzter mechanischer Hülfsmittel bedarf, um die zum Zerreißen erforderlichen Kräfte in Anwendung zu bringen. Läßt sich auch das Moment der Kräfte mit ziemlicher Sicherheit berechnen; so können doch der Einfluß, den die Reibung verursacht, die Correktion, welche durch die Biegung der in den mehrsten Fällen erforderlichen Hebelsarme vorgenommen werden muß, und die Wirkung des Schwankens und der Erschütterung beim Hinzufügen neuer Gewichte zu der häufig sehr belasteten Vorrichtung, nicht mit Genauigkeit in Rechnung gebracht werden.

§. 46.

a. Von der absoluten Festigkeit des Stabeisens.

α. Die absolute Elasticität des Stabeisens.

Nach den Untersuchungen des Hrn. Tredgold soll gutes englisches Stabeisen, ohne eine dauernde (d. h. nach dem Wegnehmen der dehnenden Kräfte bleibende) Veränderung seines Gefüges zu erleiden, auf einer Querschnittsfläche von 1 rheinl. Quadratzoll mit 18233 Preuß. Pfunden belastet werden können, und dabei eine Ausdehnung von $\frac{1}{1400}$ seiner Länge erhalten, welche Ausdehnung jedoch nach der Wegnahme der dehnenden Kräfte wieder verschwindet. Das Ausdehnungs-Verhältniß bei dieser Belastung wäre also 1 : 1,000714.

Aus Hrn. Duleau's Versuchen ergiebt sich, daß das Ausdehnungs-Verhältniß, bei gleichen Dimensionen, nämlich bei 1 Quadratzoll Durchschnittsfläche, und bei einer Belastung von ebenfalls 18233 Preuß. Pfunden, nur 1 : 1,00062 sein würde. Diese Zahl weicht von der vorigen wenig ab. — Dies wäre also die Gränze, bis zu welcher keine bleibende Ausdehnung er-

folgen soll, oder die Gränze der absoluten Elasticität des Stabeisens.

Bei stärkeren Belastungen nimmt die Größe der Längenausdehnung und die damit im Verhältniß stehende Verminderung der Querschnittsfläche nach anderen Gesetzen bedeutend zu, indem nun Verschiebungen, oder in dem hier zur Betrachtung kommenden Fall, Verlängerungen eintreten, die nach der Aufhebung der Belastung nur theilweise wieder verschwinden, theilweise aber bleibend geworden sind.

Ungleich genauer als bei Stabeisen in starken Stäben, hat man die Gränze der absoluten Elasticität bei dem Eisendrath ermittelt, weil diese Ausmittelungen mit geringeren mechanischen Schwierigkeiten verbunden sind. Versuche darüber sind von den Herren Dufour, Duleau, Seguin, v. Gerstner, Lagerhjelm, Karmarsch, Brix u. A. angestellt. Die Versuche des Hrn. Brix zeichnen sich durch besondere Genauigkeit aus, weshalb auf dessen Vortrag hier zurückgegangen werden wird. Um sich durch einen einfachen Ausdruck über die Größe der absoluten Elasticität verständigen zu können, hat schon Thomas Young (Lectures on natural philosophy. London. 1807. I. 137.) die Einführung eines Modulus der Elasticität in Vorschlag gebracht, mit dessen Anwendung es folgende Bewandniß hat.

Bezeichnet P die Kraft, durch welche ein prismatischer oder cylindrischer Körper von der Länge l und von dem Querschnitt α um eine Länge λ ausgedehnt wird, so ist $P = M \frac{\alpha \lambda}{l}$, in welcher Gleichung der Factor M eine von der Substanz des Körpers abhängige Größe ist, die in jedem besondern Fall durch Versuche gefunden werden muß. Setzt man nun α gleich der Flächeneinheit (gewöhnlich = 1 Quadratzoll) und $\lambda = l$, so wird $P = M$, woraus folgt, daß M diejenige Kraft repräsentirt, mit welcher ein Körper vom Querschnitt = 1,

nach der Richtung der Länge ausgedehnt werden muß, um eine seiner Länge gleiche Ausdehnung hervorzubringen. Dabei geht man von der Voraussetzung aus, daß die absolute Elasticität des Körpers so weit reicht, oder daß die absolute Festigkeit unbegränzt sey. In diesem Sinne hat Young die Größe M den Modulus der Elasticität genannt. Um diesen Modulus zu bestimmen, ist es nicht erforderlich, die Gränze der absoluten Elasticität eines Körpers durch Versuche zu ermitteln, sondern es genügt schon, wenn man (für einen bestimmten Flächendurchschnitt α) nur die Größe der Kraft kenne, durch welche die Länge l des Körpers um eine bestimmte Größe λ vermehrt wird, vorausgesetzt, daß die Länge $l + \lambda$ noch innerhalb der Gränze der absoluten Elasticität liegt, oder daß der Körper, nach Wegnahme der dehnenden Kraft P, seine ursprüngliche Länge l wieder annimmt. Aus einer großen Anzahl von Versuchen hat Hr. Brix den Elasticitätsmodulus für Eisendräthe von verschiedenen Dimensionen, so wie für geglühete und nicht geglühete Dräthe bestimmt. Hat man nämlich λ durch den Versuch gefunden, so ist es leicht, den Modulus aus der Gleichung $M = \frac{Pl}{\alpha\lambda}$ zu finden, indem α und l gegeben sind und P durch den Versuch ermitttelt ist. Beispielsweise führt Hr. Brix folgenden Versuch an. Nicht geglüheter Schweitzer Drath von Neuhaus und Panserot in Bienne, von einem Durchmesser = 1,4 Linien und von einer ursprünglichen Länge von 432,09 Linien, ward durch ein Gewicht von 20,2 Berl. Pf. bis zur Länge von 432,118 Linien ausgedehnt. Es ist also P = 20,2 Pf. Berl., l = 432,09 Linien Preuß., λ = 0,028 Linien, und bei dem Durchmesser von 1,4 Linien ist $\alpha = (1,4)^2 . 0,7856 = 1,5394$ Quadratlinien. Diese Zahlenwerthe in die obige Gleichung gesetzt giebt, den Modulus für die Quadratlinie als Einheit des Querschnitts oder $M = \frac{20,2 . 432,09}{1,5394 . 0,028}$

= 202496 Pf. Also ist der Modulus für einen Querschnitt von 1 Quadratzoll = 202496. 144 = 29159424 Berl. Pf. Aus den Versuchen mit 14 verschiedenen, geglüheten und nicht geglüheten Drathsorten ergaben sich folgende Elasticitätsmodeln, welche für jede Drathsorte aus mindestens fünf Versuchen ermittelt sind, obgleich hier nur der mittlere Durchschnitt für die gefundenen Werthe von λ angegeben worden ist. l ist bei allen Versuchen zu einer Länge von 3 Fuß Preuß. und P bei allen Versuchen zu 20,2 Pf. Preuß. angenommen. Die Elasticitätsmodeln sind nach dem ursprünglichen Querschnitt α berechnet, und in Berliner oder Preußischen Pfunden auf Preußisches Maaß angegeben.

Drathsorten.	Gefundener Werth für λ in Linien.	Größe v. α in Quadratlinien.	Elasticitätsmodeln für 1 Quadratlinie.	Elasticitätsmodeln für 1 Quadratzoll.	Ob geglühet oder ungeglühet
Aus Westphalen	0,023	1,8626	205091	29533075	nicht gegl.
Desgl., derselbe	0,0234	1,8626	199932	28790151	geglühet.
Aus Westphalen	0,0316	1,2868	214701	30916894	nicht gegl.
Desgl., derselbe	0,0317	1,2868	213702	30773074	geglühet.
Aus Westphalen	0,0251	1,6286	213617	30760813	desgl.
Aus Westphalen	0,0315	1,3273	208583	30036015	desgl.
Von Eschweiler	0,0278	1,4741	212790	30641746	desgl.
Von Eschweiler	0,0305	1,3273	215842	31081259	desgl.
Franz. (Aus 4 verschiedenen Fabriken)	0,0296	1,4527	204957	29513844	desgl.
Franz.	0,0296	1,4741	200129	28818576	desgl.
Franz.	0,0300	1,4314	203349	29282285	desgl.
Franz.	0,0283	1,4741	208886	30079514	desgl.
Von Vienne .	0,0280	1,5394	202541	29165901	desgl.
Engl. Drath .	0,03076	1,4741	192452	27713051	desgl.

Bei der Vergleichung der Zahlenwerthe für den Elasticitätsmodulus der geglüheten und der nicht geglüheten Dräthe ergiebt sich, daß der Elasticitäts-Modulus, also die absolute Elasticität der geglüheten Dräthe eben so groß ist, als der der nicht geglüheten Dräthe, ein Resultat, welches Coulomb (Récher-

ches sur l'élasticité des fils de métal; in den Mém. de l'Acad. 1784. p. 229.) Tredgold (Philos. Trans. 1824. P. II. p. 354.) und Lagerhjelm (S. 146. der Uebers. v. Pfaff) durch ihre Versuche ebenfalls bestätigt haben.

Mit Ausnahme des englischen Drathes, der nur eine geringe absolute Elasticität zeigte, ist der Elasticitäts-Modulus für die verschiedenen Drathsorten sehr übereinstimmend gefunden. Es wird nun von Wichtigkeit seyn, diesen Modulus mit demjenigen zu vergleichen, welche andere Experimentatoren für das Stabeisen gefunden haben.

Den Elasticitäts-Modulus für französisches Stabeisen, findet Duleau (Essai théorique et expérimental sur la résistance du fer forgé. Paris. 1820. p. 54.) im Maximo zu 24922, im Minimo zu 16121 Kilogramm für 1 Quadratmillimeter. Als Mittel aus allen Versuchen nimmt er 20,000 Kil. an, welches in runder Zahl für den Preuß. Quadratzoll, M = 29252000 Pf. Preuß. giebt. — Tredgold giebt die verschiedenen Zahlenwerthe für den Elasticitäts-Modulus des englischen Stabeisens an, nämlich 24542000, 24920000 und 29500000 Pfund avoir d. p. für den englischen Quadratzoll (Practical essay p. 102. 104.), woraus sich M als Mittelwerth zu 26654000 Pf., oder für 1 Quadratzoll Preußisch zu 27398000 Pf. Pr. ergiebt. Diese verschiedenen Werthe beweisen nur, daß auf die zufällige und sehr verschiedenartige Beschaffenheit des Eisens, mit welchen die Versuche angestellt worden sind, nicht vollständig Rücksicht genommen worden ist. Die wahrscheinlichsten Werthe für den Elasticitäts-Modulus des Stabeisens hat Lagerhjelm (S. 138. der deutschen Uebers.) aus seinen sehr zahlreichen Versuchen zusammengestellt. Die von ihm angegebenen Zahlen gelten für die Quadrat-Decimallinie und für das Schwedische Schiffpf. Victualiengewicht, und müssen Behufs der Reduktion auf Preuß. Maaße und Gewichte mit 28206 multiplicirt werden. Hiernach ist der Modulus der Elasticität:

Für ungegerbtes schwedisches Stabeisen,
gewalzt = 1070, also . . . M = 30180420 Pf.
geschmiedet = 1080, also . . — = 30462480 —
Für gegerbtes (raffinirtes) schwedisches Stabeisen,
gewalzt = 1093, also . . . M = 30744540 Pf.
geschmiedet = 1026, also . . — = 29052180 —
Für englisches Ankertaueisen,
beste Sorte = 1044, also . . — = 29334230 —

Es ist hiernach im höchsten Grade wahrscheinlich, daß das Stabeisen, es mag in starken oder in schwachen Dimensionen angewendet, oder es mag geglüht oder ungeglüht in Anwendung gebracht werden, immer denselben Elasticitäts-Modulus behält, d. h. daß es jederzeit, durch gleiche Kräfte ausgedehnt, eine ganz gleiche wieder verschwindende Verlängerung erhält, sobald die dehnenden Kräfte zu wirken aufhören. Dieser Erfolg ist keinesweges überraschend, aber unerwartet ist es, den Modulus in manchen von den Experimentatoren angegebenen Versuchen so bedeutend unter die Durchschnittszahl von 29500000 Berl. Pf. pro 1 Quadratzoll Preuß. herabsinken zu sehen. Solche Resultate, — die Richtigkeit der Versuche vorausgesetzt, — können nur zu dem Schluß führen, daß alles Stabeisen, welches einen geringeren Elasticitäts-Modulus zeigt, nicht mehr ein reines, sondern ein durch Beimischungen verunreinigtes Eisen ist.

§. 47.

β. Die absolute Festigkeit des Stabeisens.

Obgleich durch die Gewichte, welche zum Zerreißen eines Stabes erforderlich sind, das Maaß der absoluten Festigkeit für die Fläche des Querschnitts unmittelbar gefunden wird, so wird das Resultat doch ungemein verschieden ausfallen, je nachdem man die Größe der angewendeten Kraft auf die ursprüngliche, oder auf diejenige Fläche bezieht, bei welcher der Riß erfolgte. Diese Verschiedenheit ist um so größer, je größer das Verhältniß der bleibenden Ausdehnung des Eisens ist, welche bekanntlich

jedesmal lange vor dem Zerreißen eintritt, sobald die Gränze der absoluten Elasticität überschritten ist. Bei den hier folgenden Zusammenstellungen ist die Tragkraft des Eisens bis zum Zerreißen auf eine gleiche Querschnittsfläche (von 1 Quadratzoll preuß. oder rheinl.) berechnet und die Gewichte sind sämmtlich auf Berliner Pfunde reducirt, weil es dadurch nur möglich wird, eine Uebersicht von den Erfolgen zu erhalten. Die in Klammern eingeschlossenen Zahlen beziehen sich auf die Querschnittsfläche, bei welcher der Riß erfolgte, wenn die Experimentatoren, außer der ursprünglichen Fläche, auch die Fläche angegeben haben, welche nach dem Versuch gefunden ward.

1. Versuche von Muschenbroek. Zum Zerreißen wurden Quadratstäbe von 0,1 Zoll rheinl. genommen. Die Durchschnittsfläche war folglich 0,01 Quadratzoll.

Art des angewendeten Stabeisens.	Die Belastung auf 1 Quadratzoll rheinl. betrug bis zum Zerreißen
Spanisches Eisen von Ronda in Andalusien.	80,000 Pf.
Dasselbe.	80,000 —
Schwedisches Eisen.	87,000 —
Dasselbe.	76,000 —
Dasselbe.	75,000 —
Dasselbe.	67,000 —
Osemund Eisen (Westpalen)	75,000 —
Dasselbe.	68,000 —
Dasselbe.	67,000 —
Deutsches Eisen. B. R.	91,000 —
— —	60,000 —
— — L.	84,000 —
— —	70,000 —
— —	68,000 —
— —	69,000 —
— —	67,000 —
— —	67,000 —
Lütticher Eisen.	81,000 —
— —	75,000 —
— —	61,000 —

2. **Soufflot's Versuche.** Mitgetheilt durch Hrn. **Rondelet.** Die Stäbe 24 Zoll lang, von ungleichen Dimensionen der Breite und Dicke. Die Eisensorten sämmtlich französisch, aber nicht näher bezeichnet.

Dimensionen der Stäbe, nach altem franz. Maaß, in Linien u. Quadratlin.			1 Quadratzoll rheinl. trägt bis zum Reißen	Bemerkungen.
Breite	Dicke.	Querschnittsfl.	Berliner Pfunde	
$2\frac{2}{3}$	$2\frac{1}{4}$	6	82,915	Völlig sehniger Bruch. Verlängerte sich fast um einen Zoll, hatte also das Ausdehnungsverhältniß von 1 : 1,042.
$2\frac{2}{3}$	2	$5\frac{1}{3}$	88,844	Sehniger Bruch.
6	$2\frac{1}{2}$	15	57,660	Sehniger und zackiger Bruch.
5	$2\frac{1}{2}$	$12\frac{1}{2}$	55,780	$\frac{2}{3}$ sehniger und $\frac{1}{3}$ zackiger Bruch.
$5\frac{1}{2}$	3	$16\frac{1}{2}$	47,020	Zur Hälfte sehniger, zur Hälfte zackiger Bruch.
6	3	18	121,735	Ganz sehniger Bruch. Verlängerte sich fast um einen Zoll.
6	3	18	59,866	$\frac{2}{3}$ sehniger und $\frac{1}{3}$ zackiger Bruch.
6	3	18	45,650	Ueber die Hälfte körniger, oder zackiger Bruch.
3	2	6	85,120	Nicht durchaus sehniger Bruch.
3 Linien im Durchm.		$7\frac{1}{4}$	131,099	Durchaus sehniger Bruch, verlängerte sich um 8 Linien.
4	4	16	26,316	Grobkörniger Bruch.
4	4	16	34,975	Der Bruch von mittlerem Korn.
4	4	16	51,270	Feinkörniger Bruch.
4	4	16	63,208	Dieser Stab ward durch Zusammenschweißen von 3 Stäben erhalten, die einen Bruch von mittlerem Korn hatten, so daß sie nach dem Zusammenschweißen einen zur Hälfte sehnigen Bruch erhalten hatten.
4	4	16	90,598	Eben so wie der vorige Stab bereitet, aber durch stärkeres Schmieden zu einer ganz sehnigen Textur gebracht.
4	4	16	51,270	Aus 3 Stäben von ganz grobkönigem Bruch (Nr. 11.) zusammengeschweißt und dergestalt geschmiedet, daß die Textur auf der Bruchfläche zur Hälfte sehnig ausfiel.

3. **Rennie's Versuche.** Die Stäbe 6 Zoll lang und $\frac{1}{4}$ Zoll im Quadrat.

a. **Englisches Stabeisen**, mit dem Hammer überschmiedet. Riß bei 57,232 Berliner Pfunden auf 1 Quadratzoll rheinl. Querschnittsfläche.

b. **Schwedisches Stabeisen**, ebenfalls mit dem Hammer überschmiedet. Riß erst bei 73,441 Pfunden Belastung auf 1 Quadratzoll.

4. **Telford's Versuche.** Sie wurden mit verschiedenen Sorten von Stabeisen von verschiedenen Dimensionen angestellt.

Dimensionen der Stäbe, nach engl. Maaß in Zollen	Eine Fläche von 1 Quadratzoll erforderte zum Zerreißen	Bemerkungen.
$1\frac{3}{8}$ Zoll im Durchmesser	67,325 (100,580)	Süd-Walliser Eisen. Der 2 Fuß $2\frac{1}{4}$ Zoll lange Stab, verlängerte sich bis 2 Fuß $6\frac{7}{8}$ Zoll. Durchmesser der Bruchfläche $1\frac{1}{8}$ Zoll.
$1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser	68,500 (98,700)	Süd-Walliser Eisen. Der 2 Fuß $3\frac{3}{8}$ Zoll lange Stab, verlängerte sich bis 2 Fuß $6\frac{5}{8}$ Zoll. Durchmesser der Bruchfläche 1,25 Zoll.
$\frac{3}{4}$ Zoll breit, $\frac{3}{4}$ Zoll dick	61,290 (95,900)	Staffordshirer Eisen. Der 1 Fuß $1\frac{5}{8}$ Zoll lange Stab hatte sich bis 1 Fuß $11\frac{1}{4}$ Zoll verlängert. Bruchfläche, ein Quadrat von 0,6 Zoll.
$1\frac{1}{12}$ Z. br., $1\frac{1}{12}$ Z. dick	63,200 (106,950)	Staffordshirer Eisen. Der 1 Fuß $7\frac{1}{2}$ Zoll lange Stab hatte sich 1 Fuß $9\frac{1}{4}$ Zoll verlängert. Bruchfläche $\frac{5}{8}$ Zoll im Quadrat.
1 Zoll breit, 1 Zoll dick	66,051	Walliser Eisen. Hatte sich auf 12 Zoll um $2\frac{3}{8}$ Zoll verlängert.
1 Zoll breit, 1 Zoll dick	66,051	Schwedisches Eisen. Der Riß erfolgte an einer unganzen Stelle des Stabes, der sich weniger als der vorige gedehnt hatte.
1 Zoll breit, 1 Zoll dick	66,050	Aus altem Eisen zusammengeschweißter Stab.
1 Zoll breit, 1 Zoll dick	71,130	Gewöhnliches Staffordshirer Eisen.
2 Zoll im Durchmesser	73,074 (129,980)	Gewöhnliches Stabeisen. Die Belastung erfolgte sehr langsam. Die Verlängerung betrug auf 1 Fuß, bis zum Reißen 2,2 Zoll. Der Durchmesser der Bruchfläche nahe 1,5 Zoll.

5. Brown's Versuche.

Dimensionen der Stäbe, nach engl. Maaß in Zollen	Eine Fläche von 1 Quadratzoll erforderte zum Zerreißen.	Bemerkungen.
$1\frac{5}{16}$ und $1\frac{5}{16}$	54,542 (83,240)	Schwedisches Eisen. Bruchfläche $1\frac{1}{16}$ Zoll Quadrat. Sehr feinkörniger Bruch, von weißgrauer Farbe.
$1\frac{5}{16}$ und $1\frac{5}{16}$	53,212 (81,194)	Schwedisches Eisen, von demselben Stabe. Bruchfläche $1\frac{1}{16}$ Zoll Quadrat. Aeußerst feinkörnig, mit wenig sehnigen Stellen. Weißgrau.
$1\frac{3}{16}$ und $1\frac{3}{16}$	54,495 (100,370)	Schwedisches Eisen; andere Sorte. Faseriger Bruch; silberweiß. Sehr weich und verlängerte sich stark. Bruchfläche nur $\frac{7}{8}$ Zoll Quadrat.
$1\frac{5}{16}$ im Durchmesser	60,920 (104,946)	Russisches Eisen. Bruchfläche nur 1 Zoll im Durchmesser; so glatt wie mit der Scheere abgeschnitten und gar kein Gefüge erkennbar.
$1\frac{1}{4}$ und $1\frac{1}{4}$	55,870 (77,330)	Walliser Eisen. Bruchfläche $1\frac{5}{16}$ Zoll Quadrat. Dehnte sich sehr. Glänzend und sehnig, aber nicht so silberweiß wie das fremde Eisen.
$1\frac{1}{8}$ und $1\frac{1}{8}$	57,130, (64,050)	Walliser Eisen. Dehnte sich wenig; riß scharf ab. Bruchfläche $1\frac{1}{16}$ Zoll im Quadrat, stahlartig körnig, nicht sehnig.
2 Zoll im Durchmess.	60,620 (97,440)	Walliser Bolzeneisen. Bruchfläche $1\frac{5}{8}$ Zoll Durchmesser.
$1\frac{2}{3}$ Zoll im Durchmess.	60,435 (97,530)	Walliser Bolzeneisen. Beide Eisenarten zeigten sich sehr dehnbar.

6. Seguin's Versuche. Die Dimensionen der Stäbe sind in Millimetern angegeben.

Dimensionen der Stäbe.	Eine Fläche von 1 Quadratzoll trägt bis zum Reißen	Bemerkungen.
32 und 27	29,536	Die Bruchfläche schien aus glänzenden, sehr regelmäßigen Facetten zu bestehen, deren Kanten etwa 1 Linie lang waren. Eine Ausdehnung war nicht zu bemerken.
13 und 13	44,320	Sehr gleichartiger feinkörniger Bruch.
10,15 und 10,15	80,593 (84,945)	Ein halbzölliger Quadratstab von dem Eisen Nr. 2. ward in der Mitte durchgehauen, wieder zusammengeschmiedet und dann zu einem Quadratstabe von 10,15 Millimetern ausgereckt, worauf man ihn langsam erkalten ließ, ohne ihn wieder auszuglühen. Bruch feinkörnig und zackig. Ausdehnungsverhältniß 1 : 1,054.
4,5 und 4,5	89,242 (89,600)	Ein halbzölliger Quadratstab von dem Eisen Nr. 2. ward etwas stärker als bis zum kirschrothen Glühen erhitzt und unter dem Handhammer mit 5 Hitzen nach und nach bis zu einem Quadratstabe von 4,5 Millimetern ausgereckt, worauf er langsam erkaltete, ohne ausgeglühet zu werden. Ausdehnungsverhältniß nur 1 : 1,004. Bruchfläche dicht ohne ein erkennbares Gefüge.
13,3 und 13,3	43,362 (43,470)	Ein Quadratstab von dem Eisen Nr. 2., von 12,3 Millimeter im Quadrat, ward in der Mitte durchgehauen, worauf beide Enden wieder zusammengeschweißt, aber weder ausgereckt, noch ausgeglühet wurden, sondern langsam erkalteten. Ausdehnungsverhältniß 1 : 1,0025.
13,5 und 13,5	43,362 (43,449)	Ein Quadratstab von dem Eisen Nr. 2., von 13,5 Millimetern im Quadrat, ward bis zum anfangenden Weisglühen erhitzt und erkaltete langsam an der Luft. Ausdehnungsverhältniß 1 : 1,002. Unregelmäßig schuppige Bruchfläche.
20,3 und 1,7	65,400 (66,380)	So genanntes Bandeisen, aus dem Eisen Nr. 2. Sehr weich. Die Bruchfläche zeigte einige Fasern. Ausdehnungsverhältniß 1 : 1,015.

7. Brunel's Versuche. Sämmtliche Stäbe waren aus Eisen von Yorkshire. Die Stäbe wurden in der Mitte unter einem Hammer, ganz genau zu den bezeichneten Dimensionen gebracht.

Dimensionen nach englischen Zollen.	Ein rheinländischer Quadratzoll Querschnittsfläche trägt bis zum Reißen.
$\frac{3}{8}$ und $\frac{3}{8}$	68,375
—	73,425
—	78,450
—	79,390
—	64,706
—	64,706
—	72,507
—	73,678
—	64,522
—	80,582
—	83,628
—	73,792
—	75,950
—	71,452
—	71,475
—	73,200
—	67,920
—	72,630
—	70,442
$\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{2}$	71,220
—	71,406
—	72,552
—	74,000
—	75,146
—	68,870

§. 48.

Aus der Zusammenstellung der Resultate von allen diesen Versuchen ergiebt sich, daß man noch weit davon entfernt ist, irgend eine Zahl mit Zuverlässigkeit angeben zu können, welche die absolute Festigkeit des Stabeisens auszudrücken vermögte. Nicht allein die verschiedenartige innere Beschaffenheit des Eisens, sondern auch die Behandlung desselben im Feuer, die Temperatur, bei welcher die Bearbeitung erfolgt, so wie die zum Zusammenpressen der Theilchen angewandte Kraft, folglich die Dimensionen, zu denen es gebracht worden ist, haben einen entscheidenden Einfluß auf die Größe der Festigkeit. Daher muß das runde Eisen fester als ein Quadratstab seyn, wenn der Querschnitt von beiden einen ganz gleichen Flächeninhalt hat, und am festesten muß sich das flache Eisen bei gleicher Größe des Querschnitts verhalten, in so fern die Dicke desselben nicht größer ist, als der Halbmesser der Durchschnittsfläche des runden Eisens. Daher ist auch in der Regel das gewalzte Eisen fester als das geschmiedete. Man wird der Wahrheit ziemlich nahe kommen, wenn man die absolute Festigkeit des Stabeisens auf folgende Weise bestimmt.

Gutes Stabeisen muß, in Quadratstäben, und auf die ursprüngliche Querschnittsfläche bezogen:

in Stäben von einem rheinländischen Zoll breit und dick, 58,000 Berliner Pfund,

in Stäben von einem halben Zoll Breite und Dicke, 70,000 Berliner Pfunde,

in Stäben von einem viertel Zoll Breite und Dicke und in noch geringeren Dimensionen, 75 bis 80,000 Berliner Pfunde und darüber,

auf eine Fläche des Querschnitts von einem rheinländischen Zoll berechnet, tragen können, ehe es zerreißt.

§. 49.

Die absolute Festigkeit des Eisendrathes muß aber, weil derselbe zu noch schwächeren Dimensionen ausgezogen ist, noch größer seyn als die des Stabeisens, wenn dieses auch zu sehr schwachen Dimensionen ansgereckt worden ist. Die Versuche, welche die Herrn Dufour, Seguin und Karmarsch angestellt haben, stimmen darin überein, daß guter Drath, bis zur größten Feinheit des Klavierdraths ausgezogen, über 130,000 Berliner Pfunde auf 1 Quadratzoll Fläche berechnet, tragen kann, ehe er reißt. Eben diese Versuche zeigen aber auch, daß der ausgeglühete Drath kaum die Hälfte der Festigkeit besitzt, wie der nicht ausgeglühete.

Die von dem Herrn Brix angestellten Versuche haben auch über die Festigkeit des Eisendraths einen vollständigen und sehr belehrenden Aufschluß gegeben. Es mögen hier wieder die Resultate folgen, welche die Zerreißungs-Versuche mit den schon vorhin angeführten 14 Drathsorten gegeben haben. Das Gewicht, bei welchem das Zerreißen der Dräthe erfolgte, ist in Berliner Pfunden angegeben und zwar nach dem mittlern Durchschnitt von allen Versuchen, die mit einer jeden einzelnen Drathsorte vorgenommen vorden sind. Alle Maaße und Gewichte sind Preußisch. Die absolute Festigkeit ist nach dem urspünglichen Querschnitt berechnet und auf 1 Quadratzoll-Fläche reducirt.

Drathsorten.	Dimension der Dräthe.		Betrag des zerreißenden Gewichtes.	Absolute Festigkeit für 1 Quadratzoll.	Ob geglühet oder nicht.
	Durchmesser.	Querschnitt.			
Aus Westphalen	1,54	1,8626	1264,5	97762,032	nicht gegl.
Derselbe	1,54	1,8626	824,8	63768,912	geglüht.
Aus Westphalen	1,28	1,2868	960,9	107679,063	nicht gegl.
Derselbe	1,28	1,2868	565,6	63293,760	geglühet.
Aus Westphalen	1,44	1,6286	1063,9	94037,088	nicht gegl.
Aus Westphalen	1,30	1,3273	939,3	101905,488	desgl.
Von Eschweiler	1,37	1,4741	1018,1	99452,966	desgl.
Von Eschweiler	1,30	1,3273	1026,2	111328,992	desgl.
Franz. Drath	1,36	1,4527	1086,8	107725,880	desgl.
Desgl.	1,37	1,4741	1096,9	107148,643	desgl.
Desgl.	1,35	1,4314	1084,7	109125,706	desgl.
Desgl.	1,37	1,4741	1048,4	102532,800	desgl.
Von Vienne	1,40	1,5394	1389,8	130002,221	desgl.
Engl. Drath	1,37	1,4741	1032,8	100834,243	desgl.

Hieraus ergiebt sich im Allgemeinen die bedeutend größere Festigkeit des Eisendrathes als des Stabeisens in stärkeren Dimensionen, aber auch zugleich die ungleich geringere absolute Festigkeit der geglüheten als der ungeglüheten Dräthe, obgleich beide einen gleichen Elasticitätsmodulus besitzen. Dies Resultat ist wichtig für die Anwendung der Drathseile, in so fern man sich, der größeren Biegsamkeit wegen, des ausgeglüheten Drathes bedienen will, und dadurch an Festigkeit verliert. Die Versuche des Hrn. Brix ergeben, daß die Festigkeit des geglüheten Drathes sehr nahe gleich 0,62 der Festigkeit des nicht geglüheten ist, oder, daß der Eisendrath durch das Ausglühen etwa 38 Procent von seiner Festigkeit verliert. Noch nachtheiliger stellt sich dies Verhältniß nach den Versuchen von Seguin und Dufour, welche für die Festigkeit des geglüheten Drathes durchschnittlich nur 0,488, oder noch nicht die Hälfte der Festigkeit der nicht geglüheten Dräthe gefunden haben. Es ist sehr merkwürdig,

daß die größere Festigkeit, welche das Stabeisen durch das Ausrecken zu dünneren Dimensionen, und besonders durch das wiederholte Drathziehen erlangt, durch das Ausglühen wieder verloren geht. Nach den Resultaten der mitgetheilten Versuche, ist die Festigkeit des geglüheten Drathes etwa dieselbe, wie die des Stabeisens in stärkeren Dimensionen, dessen Festigkeit zu 58 bis 60,000 Berl. Pf. auf 1 Quadratzoll, im mittleren Durchschnitt angenommen werden kann. Die Erscheinung, daß das Stabeisen zu schwächeren Dimensionen ausgereckt, an Festigkeit bedeutend gewinnt, erklärt zugleich den Erfolg beim Zerreißen starker Eisenstäbe, die sich während der Operation des Zerreißens stark ausdehnen und dennoch, mit Bezug auf die kleine Bruchfläche, eben so viel, oder fast eben so viel Gewicht bis zum Zerreißen tragen können, als Eisensorten, die sich bis zum Augenblick des Zerreißens ungleich weniger ausdehnen. Durch die starke Ausdehnung wird das Eisen nämlich fast in denselben Zustand versetzt, in welchen es durch das Ausstrecken zu schwächeren Dimensionen gebracht wird.

Hr. Baudrimont hat den Einfluß des Glühens auf die Festigkeit der Eisendräthe noch dadurch näher zu prüfen gesucht (Ann. de Chimie et de Physique. LX. p. 96.) daß er die Dräthe in atmosphärischer Luft, in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas und von kohlensaurem Gase ausglühte. Aber auch dann schwankte das Verhältniß der Festigkeit der geglüheten und der nicht geglüheten Dräthe in derselben Art wie bei dem gewöhnlichen Ausglühen.

Bemerkenswerth ist es ferner noch, daß die stärkeren Dräthe durch das Ausglühen weniger an absoluter Festigkeit verlieren, wie die feineren Dräthe. Dieser Erfolg erklärt sich auf einfache Weise dadurch, daß die stärkeren Dräthe niemals die große absolute Festigkeit erhalten wie die feineren Dräthe, wenn beide, wie sich von selbst versteht, aus einem und demselben Materialeisen bereitet sind. Die stärkeren Dräthe stehen daher hinsichtlich

ihrer absoluten Festigkeit, dem Eisen in Stäben schon näher, weshalb sie auch weniger an absoluter Festigkeit durch das Ausglühen verlieren können, indem es nach alter Erfahrung höchst wahrscheinlich ist, daß die größere absolute Festigkeit, welche das Eisen durch das Ausstrecken zu schwächeren Dimensionen erlangt hat, durch das Ausglühen wieder auf die dem Eisen zukommende gewöhnliche Festigkeit zurück geführt wird.

§. 50.

γ. Verhältniß der bleibenden Ausdehnungen des Eisens zur absoluten Festigkeit desselben.

Sehr wahrscheinlich sind die, nach der Wiederaufhebung der Belastung eines Eisenstabes wieder verschwindenden Ausdehnungen, also die Ausdehnungen, welche das Eisen innerhalb der Gränze seiner absoluten Elasticität erfährt, bei allen Eisenarten ziemlich übereinstimmend. Wird aber die Gränze der absoluten Elasticität überschritten, so entstehen Ausdehnungen, die nur theilweise wieder verschwinden, wenn die dehnenden Kräfte zu wirken aufhören. Diese bleibenden Ausdehnungen sind es, deren Gränze, oder deren ersten Anfang zu kennen, für den Techniker von der höchsten Wichtigkeit ist. Die Kenntniß von der absoluten Festigkeit des Eisens würde sehr unvollkommen seyn, wenn nicht zugleich bekannt ist, bei welcher Belastung die bleibenden Ausdehnungen ihren Anfang nehmen, denn niemals wird man die absolute Festigkeit des Eisens bis zu dem Grade in Anspruch nehmen, daß man die Belastung bis zu dem Punkt des wirklichen Zerreißens, oder des vollständigen Aufhebens des Zusammenhanges steigert. Man wird sich aber unterrichten müssen, bei welcher Belastung die Verschiebung der Theilchen, welche sich bei den Aeußerungen der absoluten Festigkeit als eine Verlängerung der Eisenstäbe oder Eisendräthe zu erkennen giebt, eine wieder verschwindende, oder eine theilweise bleibende wird, um die Belastung, wo möglich, nicht über die Gränze der absoluten

Elasticität hinaus, statt finden zu lassen. Versuche zur Bestimmung dieser Gränze sind zwar von verschiedenen Experimentatoren angestellt, indeß wird es zweckmäßig seyn, zuerst diese Gränzen bei Stabeisen aufzusuchen, welches zu schwächeren Dimensionen bereits ausgestreckt ist, also bei dem Eisendrath, weil diese Versuche schon ein recht genaues Resultat gegeben haben.

Bei der hier folgenden Uebersicht der von dem Hrn. Brix angestellten Versuche, ist 1 Pfund Belastung dem Gewicht von 20,2 Pfunden, vermöge der mechanischen Einrichtung des zu den Versuchen angewendeten Apparates, gleich zu setzen. Die angegebene Zahl der Pfunde hätte also mit 20,2 multiplicirt werden müssen, um den Betrag des wirklichen dehnenden Gewichtes zu erhalten. Weil es hier indeß nur auf Verhältnißzahlen ankommt, so sind die Gewichte so angenommen, wie sie wirklich bei dem Apparat angewendet wurden. Zur ersten Belastung sind 13 Pf. (262,6 Pf.) angewendet worden, indem dies das Gewicht ist, mit welchem die leere Waageschale des Apparates, vermöge seiner Construktion, wirkte. Mit diesem anfänglichen Gewicht blieb der Drath einige Zeit stehen, um seine Länge unter dieser Belastung genau zu bestimmen. Bei jeder neuen Belastung ward die Länge des Drathes wieder höchst sorgfältig ermittelt, und sodann die Belastung jedesmal auf die ursprüngliche Belastung von 13 Pf. zurückgeführt. Unter den sehr vielen und mit einer großen Anzahl von Dräthen angestellten Versuchen, genügt es, den folgenden hier mitzutheilen. Zu diesem Versuch ward Drath von Vienne angewendet, der 1,4 Linien im Durchmesser, also eine Flächengröße im Querschnitt von 1,5394 Quadratlinien hatte.

a. Belastung. Pfund.	b. Länge des Drathes. Linien.	c. Zunahme der Belastungen. Pfund.	d. Zugehörige Verlängerung. Linien.	e. Bleibende Dehnung nach Entlastung des Drathes. Linien.	f. Elasticitätsausdehnung nach Abzug der bleibenden Reckung für die in c angegebene Belastg. Linien.	f. Elasticitätsausdehnung nach Abzug der bleibenden Reckung für 1 Pfund Belastung. Linien.	Dauer der Einwirkung der Belastung. Stunden.
13	432,09	—	—	—	—	—	—
18	432,23	5	0,14	—	0,14	0,0280	—
13	432,09	—	—	—	—	—	—
23	432,37	10	0,28	—	0,28	0,0280	½
13	432,09	—	—	—	—	—	—
28	432,52	15	0,43	—	0,42	0,0280	1
13	432,10	—	—	0,01	—	—	—
33	432,69	20	0,60	—	0,56	0,0280	1
13	432,13	—	—	0,04	—	—	—
38	432,85	25	0,76	—	0,70	0,0280	1
13	432,15	—	—	0,06	—	—	—
43	433,03	30	0,94	—	0,83	0,0277	1½
13	432,20	—	—	0,11	—	—	—
48	433,24	35	1,15	—	0,98	0,0280	1½
13	432,26	—	—	0,17	—	—	—
53	433,47	40	1,38	—	1,14	0,0285	1½
13	432,33	—	—	0,24	—	—	—
58	433,76	45	1,67	—	1,26	0,0280	2
13	432,50	—	—	0,41	—	—	—
63	434,23	50	2,14	—	1,39	0,0278	2
13	432,84	—	—	0,75	—	—	—
68	435,31	55	3,22	—	—	—	zerrissen

Aus dieser tabellarischen Zusammenstellung ergiebt sich sehr genau, daß die Kraft, welche die Elasticität des Eisens ausübt, um einen Widerstand gegen die äußeren Kräfte zu leisten, welche die Theilchen des Körpers durch Ausdehnung von einander zu entfernen streben, von der ersten Belastung an, bis zu dem Augenblick, wo der Zusammenhang wirklich aufgehoben und die Cohäsion ganz überwältigt wird, stets in gleicher Art, d. h. proportional mit der dehnenden Kraft, wirksam ist. Vergleicht man die Zahlen in den Spalten c. und f., von denen die ersten die dehnenden Kräfte, und die zweiten die nach der Entlastung wieder verschwindenden Verlängerungen ausdrücken, so erhält man folgende zwei fortlaufenden Reihen:

Gewichte: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50.
Dehnung: 14, 28, 42, 56, 70, 83, 98, 114, 126, 139.

Wenn in der ersten Reihe die Belastungen regelmäßig um 5 fortschreiten, so sieht man in der zweiten Reihe die Länge des Stabes regelmäßig um 14 zunehmen, und diese Verlängerung ist es, welche nach der Entlastung wieder verschwindet, und welche daher als eine Wirkung der vollkommenen Elasticität des Eisens betrachtet wird.

Die ganze Größe der Verschiebung, oder die gesammte Verlängerung, welche der Stab durch die dehnenden Kräfte erleidet, beschränkt sich aber, von einer gewissen Größe der Belastung an, nicht mehr auf diese vorübergehende oder verschwindende Verlängerung; sondern es tritt noch eine neue, bleibende hinzu, deren Betrag sich finden läßt, wenn der Stab wieder entlastet wird. Die Spalte e enthält die Angabe der auf diese Weise gefundenen bleibenden Dehnungen. Stellt man auch hier die dehnenden Gewichte und die Größe der Dehnung zusammen, so ergeben sich folgende zwei Reihen:

Gewichte: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50.
Dehnung: 1, 4, 6, 11, 17, 24, 41, 75.

Bei diesen bleibenden Dehnungen ist kein regelmäßiges und

mit den dehnenden Kräften in einem bestimmten Verhältniß stehendes Fortschreiten warzunehmen. Nur so viel ergiebt sich, daß der Betrag der bleibenden Dehnung immer zunimmt, je größer die Belastung wird, bis endlich eine vollständige Ueberwältigung der Cohäsion eintritt.

Die Gränze der bleibenden Verschiebung fällt, bei dem zu jenem Versuch angewendeten Drath, zwischen den Zahlen 28 und 33, wenn die Zahl 68 diejenige Belastung anzeigt, bei welcher der Drath zerrissen ist. Wäre nun etwa die Zahl 30 diejenige Belastung gewesen, bei welcher die Verlängerung des Drathes, nach erfolgter Entlastung, zuletzt ganz verschwunden wäre, und hätte sich über die Belastungszahl 30 hinaus, schon die erste bleibende Dehnung eingefunden, so würde das Gewicht 30 die Gränze der vollkommenen Elasticität für diesen Drath bezeichnen, d. h. der Drath würde mit 30 (eigentlich mit 30 . 20,2 = 606) Pfunden belastet werden können, ohne eine bleibende Ausdehnung nach Wegnahme des dehnenden Gewichtes zu erleiden, wenn 68 (oder eigentlich 68. 20,2 = 1373,6) die Zahl der Pfunde, oder das Gewicht bezeichnet, bei welchem der Drath zerreißt. Man kann diese Gränze der vollkommenen Elasticität, welche zugleich die Gränze der bleibenden Dehnung ist, durch den Quotienten ausdrucken, dessen Zähler das Gewicht bezeichnet, bei welchem sich die erste bleibende Dehnung zeigt, und dessen Nenner dem Gewicht entspricht, bei welchem der Drath zerreißt. In dem vorstehenden Fall würde also die Gränze der bleibenden Ausdehnung durch $\frac{30}{68}$ = 0,441 ausgedrückt werden. Wäre also nur das Gewicht bekannt, bei welchem der Drath zerreißt, so würde eine Belastung des Drathes von 0,441 jenes Gewichtes mit Sicherheit angewendet werden können, ohne dadurch bleibende Ausdehnungen bei dieser Belastung zu veranlassen.

Sorgfältige Versuche, welche Hr. Brix mit verschiedenen Drathsorten angestellt hat, haben zu dem Resultat geführt, daß die Gränze der bleibenden Ausdehnungen bei den nicht geglü-

heten Dräthen im mittleren Durchschnitt bei 0,500, und bei den geglüheten Dräthen bei 0,600 liegt. Daß diese Gränze bei den geglüheten Dräthen um 0,100 höher steigt, daß also die geglüheten Dräthe um $\frac{1}{10}$ ihrer absoluten Festigkeit stärker als die nicht geglüheten Dräthe belastet werden können, ehe sie eine bleibende Dehnung erfahren, erklärt sich daraus, daß die nicht geglüheten Dräthe eine ungleich größere absolute Festigkeit besitzen und durch das Glühen wieder in den Zustand versetzt werden, welcher dem Eisen, hinsichtlich seiner absoluten Festigkeit und seiner vollkommenen Elasticität, in dem noch nicht ausgestreckten Zustande zukommt.

Vergleicht man das hier gefundene Resultat mit den Erfahrungen anderer Experimentatoren, so ergiebt sich folgendes. Nach Tredgold (Practical essay, 108.) soll bei dem Stabeisen die Gränze der bleibenden Dehnung im Verhältniß zur absoluten Festigkeit = 17,8 : 60, oder = 0,300 seyn. Duleau findet diese Gränze (Ann. de Chimie et de Phys. XII. 146.) je nach der Beschaffenheit des Eisens, im Minimo zu $\frac{1}{3}$ und im Maximo zu $\frac{2}{3}$ seiner absoluten Festigkeit. Lagerhjelm (deutsche Uebersetzung von Pfaff. S. 177.) findet als kleinste Verhältnißzahl 0,360, und als größte 0,438. Nach Navier (Ann. de Ch. et de Phys. XXXIII. 255.) soll das Minimum 0,490 und das Maximum 0,896 seyn, und als Mittelwerth werden 0,666 der absoluten Festigkeit angegeben. Telford (Barlow's essay. 251.) stellt die Gränze nach einem Mittelwerth zu 0,711. Brown (in Navier mém. sur les ponts suspendus. Paris. 1823. p. 42.) findet als Verhältnißzahl für das Stabeisen 0,600. De Traitteur giebt (Descript. des ponts en chaines, exécutés à St. Petersb. 1825. p. 27.) nach zahlreichen Versuchen mit dem steirischen Eisen bei $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser der Stäbe, die Verhältnißzahl 0,652 an. Barbé (Annales des ponts et chaussées. 1834, p. 163.) findet als Minimum 0,529 und als Maximum 0,736, und als Mittelwerth 0,603.

So abweichend diese Resultate auch seyn mögen, so läßt sich doch als eine allgemeine gültige Annahme wohl daraus folgern, daß das Stabeisen mit der Hälfte des Gewichtes, bei welchem es zerrissen wird, belastet werden kann, ohne eine bleibende Ausdehnung, nach Wegnahme der wirkenden Kräfte, zu erfahren.

§. 51.

Der so eben angegebene Quotient drückt nur das Gewicht aus, mit welchem das Stabeisen belastet werden kann, wenn seine absolute Festigkeit, ebenfalls in Gewichten ausgedrückt, bekannt ist; aber er giebt über die Länge oder über den Betrag der bleibenden Dehnungen keine Auskunft. Wenn dieser auch nothwendig eine Function des Gewichtes, so wie der Länge und Stärke des Stabes seyn muß, so haben die Versuche doch über die Art dieser Function noch keinen Aufschluß gegeben. Lagerhjelm (§. 73. seiner Schrift) glaubt annehmen zu können, daß $C.\sqrt{\Delta}$ eine constante Zahl und für das Stabeisen $= 0{,}00281$ sey. Er versteht unter C denjenigen in Linien ausgedrückten Quotienten, welcher erhalten wird, wenn man die Ausdehnung, welche der Stab bis zur Gränze der vollkommenen Elasticität erhält, durch die Länge des unbelasteten Stabes dividirt. Wäre also z. B. die Länge des unbelasteten Stabes = 432 Linien gewesen und hätte er sich bis zur Gränze der vollkommenen Elasticität um 0,5 Linien ausgedehnt, so würde $C = \frac{0{,}5}{432}$ seyn. Δ dagegen drückt die Länge der bleibenden Dehnung in Linien aus, um welche sich ein Fuß der Länge des unbelasteten Stabes beim Zerreißen ausgedehnt hat (§. 71. seiner Schrift). Wenn diese Formel richtig wäre, so würde man Δ durch C bestimmen können, indem $\Delta = \frac{(0{,}00281)^2}{C\,2}$ seyn müßte. Die Berechnungen treffen indeß mit dieser Formel nicht zusammen, und es scheint noch viel weniger, daß man durch die Verglei-

chung der Längen, bis zu welchen die Stäbe bei der Belastung bis zur Gränze der vollkommenen Elasticität ausgedehnt werden, auf die Längen der bleibenden Dehnungen, welche sie beim Zerreißen erhalten, oder umgekehrt von diesen Längen auf jene schließen kann; als man — wie im vor. §. gezeigt worden — aus dem für das Zerreißen des Stabes erforderlichen Gewicht auf dasjenige Gewicht schließen kann, welches der Stab bis zur Gränze der anfangenden bleibenden Dehnung zu tragen vermag oder umgekehrt von diesem Gewicht auf jenes.

Wie ungemein verschieden der Totalbetrag der Dehnung, im Augenblicke des Zerreißens der Stäbe ist, d. h. der Betrag der wieder verschwindenden und der bleibenden Dehnungen, je nachdem weicheres oder härteres Eisen angewendet wird, ergiebt sich daraus, daß nicht geglühete Dräthe sich bis zum Moment des Zerreißens, nach den darüber angestellten Versuchen, etwa um 0,0035 ihrer Länge verlängern, während bei den geglüheten Dräthen diese Verlängerung 0,08 bis 0,09 ihrer Länge beträgt, also etwa 25 mal so viel als bei den nicht geglüheten Dräthen, deren Festigkeit sehr beträchtlich größer ist. Unbezweifelt findet eine solche Verschiedenheit in der Ausdehnungsfähigkeit zwischen allen harten und weichen Stabeisenarten statt. Daher rühren auch die sehr abweichenden Angaben der Experimentatoren über den Totalbetrag der Längen-Ausdehnungen des Stabeisens im Augenblick des Zerreißens.

§. 52.

Von großem Interesse ist endlich die Frage: bei welcher Temperatur ist die absolute Festigkeit des Eisens am größten? Es sind darüber von der Committee des Franklin-Instituts zu Pennsylvanien Versuche angestellt worden, welche indeß davon ausgegangen zu seyn scheinen, daß bei 0° Fahr. dem Stabeisen die größte absolute Festigkeit zukomme und daß das Stabeisen bei etwa 1050° nur noch die Hälfte seiner absoluten Festigkeit besitze, die sich dann mit zunehmender Temperatur immer

mehr vermindert. Den dritten Theil seiner absoluten Festigkeit soll es etwa bei 930° Fahr., den vierten Theil etwa bei 830° Fahr., den zehnten Theil etwa bei 630° Fahr., 0,06 seiner Festigkeit etwa bei 300° Fahr. behalten. — Die von Hrn. Fairbairn mit Roheisen angestellten Versuche (On the strength and other properties of cast iron; aus B. VIII. des Report of the british association for the advancement of science p. 406.) machen es dagegen wahrscheinlich, daß das Roheisen bis zum Grade der Wassersiedhitze weder an der vollkommenen Elasticität noch an der absoluten Festigkeit verliert, vielleicht sogar noch etwas an Festigkeit gewinnt, weil es an Sprödigkeit verliert.

§. 53.

b. Von der absoluten Festigkeit des Stahls.

Zur Bestimmung derselben sind nur äußerst wenige Versuche angestellt worden. Deshalb sowohl, als weil die Verschiedenheit des Härtezustandes des Stahls eine wesentliche Veränderung in den Resultaten hervorbringen muß, und weil die verschiedenen Stahlarten in ihren Eigenschaften und in ihrem Verhalten so sehr von einander abweichen; ist es sehr schwierig, eine Zahl von allgemeiner Geltung für die absolute Festigkeit des Stahls zu erhalten.

1. Versuche von Musschenbroek. Zum Zerreißen wurden Quadratstäbe von 0,1 Zoll rheinl. genommen.

Art des angewendeten Stahls.	1 Quadratzoll rheinl. trägt bis zum Reißen
Gewöhnlicher Stahl, nicht gehärtet.	108,000
Stahl von mittlerer Güte, nicht gehärtet.	124,000
Sehr guter Stahl, nicht gehärtet.	119,000
Sehr guter Stahl, gehärtet und nicht wieder angelassen.	112,000
Sehr guter Stahl, gehärtet und schwach angelassen.	150,000
Sehr guter Stahl, gehärtet und stärker angelassen.	135,000

Es würde also die absolute Festigkeit des Stahls fast noch einmal so groß seyn als die des Stabeisens. Durch das Härten verliert der Stahl an absoluter Festigkeit, — welches auch mit Reaumur's Erfahrungen übereinstimmt, — welche er aber durch das darauf folgende Anlassen reichlich wieder gewinnt. In welchem Verhältniß diese Zunahme der Festigkeit durch das Anlassen steht, würde für die verschiedenen Grade des Anlaufens noch zu bestimmen seyn.

2. Versuche von Rennie. Der Härtezustand ist nicht angegeben, also war der Stahl wahrscheinlich nicht gehärtet. Die Stäbe waren 6 Zoll engl. lang, und $\frac{1}{4}$ Zoll engl. im Quadrat.

Art des angewendeten Stahls.	1 Quadratzoll rheinl. trägt bis zum Reißen
Ausgeschmiedeter Gußstahl.	136,830
— Cementstahl.	135,700
— Gerbstahl.	130,070

Aus diesen wenigen Versuchen scheint hervorzugehen, daß die absolute Festigkeit des Stahls bedeutend größer ist als die

des Stabeisens. Das Zurückbringen auf geringere Dimensionen, unter dem Hammer, muß die Festigkeit ohne Zweifel, eben so wie bei dem Stabeisen, sehr vermehren.

Den Modulus der vollkommenen Elasticität giebt Tredgold (wahrscheinlich um ein Bedeutendes zu geringe), zu 29000000 Pfunden an.

Die Gränzen der vollkommenen Elasticität und der absoluten Festigkeit dürften bei dem (nicht gehärteten) Stahl ungleich näher liegen, als bei dem Stabeisen, so daß die Festigkeit des Stahls in einem höheren Grade in Anspruch genommen werden kann, als die des Stabeisens.

§. 54.

c. Von der absoluten Festigkeit des Roheisens.

Der äußerst bedeutende Einfluß, welchen das stärkere mechanische Zusammenpressen der Theilchen auf die Festigkeit des Stabeisens und des Stahls äußert, findet zwar wahrscheinlich in einem ungleich geringeren Grade bei dem Roheisen statt; allein es tritt dafür bei dem Roheisen ein anderer Umstand ein, welcher die Bestimmung der Größe seiner absoluten Festigkeit noch ungemein viel schwieriger macht. Das Roheisen ist nämlich, wie der Stahl, eine Verbindung von wenigstens zwei Metallen (Eisen und Kohle), deren Verbindungszustand mehr oder weniger von der Temperatur, in welcher die Schmelzung erfolgte, und von den Umständen, unter welchen die Erstarrung statt fand, abhängig ist. Der Querschnitt des Roheisens stellt daher, — wenn es nicht etwa ganz weißes Roheisen ist, — eine Menge von Verbindungen dar, welche von der Oberfläche bis zum Mittelpunkt sehr verschieden seyn können. In so fern nun wesentlich die beiden Hauptarten des Roheisens, das graue und das weiße, von einander unterschieden werden müssen, dürfte sich annehmen lassen, daß die Festigkeit des weißen Roheisens ziemlich genau mit der Größe des Querschnitts im Verhältniß stehen, d. h. daß ein dickerer

Stab nicht eine verhältnißmäßig geringere Festigkeit, als ihm dem Flächeninhalt nach zukommen sollte, besitzen wird, wie dies bei dem Stabeisen der Fall war; — und daß sich dagegen das graue Roheisen in dieser Hinsicht umgekehrt wie das Stabeisen verhalten, d. h. daß es in dickeren Stücken eine verhältnißmäßig größere Festigkeit, wie ihm dem Flächeninhalt nach zukommen sollte, äußern wird, als in dünneren Stäben. Der Grund liegt darin, daß das weiße Roheisen, in vollkommenem Zustande, eine gleichartige Verbindung ist, und daß es eine geringere Festigkeit besitzt, als das graue, welches letztere sich durch plötzliches Erstarren, welches durch das Ausgießen in schwachen Formen sehr befördert wird, mehr oder weniger in die weiße Art des Roheisens umändert. Durch die Berücksichtigung dieses Verhaltens würden sich wenigstens die Anomalien in den Resultaten der Versuche erklären lassen, wenngleich dadurch für die wirkliche Bestimmung der Größe der absoluten Festigkeit der verschiedenen Roheisenarten noch nichts gewonnen wird.

Außer dieser großen inneren Verschiedenheit der Roheisenarten, welche durch die Abänderungen in den chemischen Mischungsverhältnissen herbeigeführt wird, werden die Resultate der Zerreißungsversuche bei dem Roheisen häufig dadurch unrichtig, daß sich, durch Dampf-Entwickelungen aus der Gußform, Blasen bilden, oder daß durch das krystallinische Gefüge des Roheisens undichte Stellen entstehen. Diese Hindernisse machen die Bestimmung der Größe der absoluten Festigkeit des Roheisens sehr unzuverlässig, woraus sich auch das Abweichende in den Erfolgen der wenigen, zeither angestellten Versuche erklärt.

§. 55.

Tredgold glaubt sich zu der Annahme berechtigt, daß das Roheisen, ohne eine dauernde Veränderung seines Gefüges zu erleiden, auf einen englischen Quadratzoll der Durchschnittsfläche, mit 15,300 englischen Pfunden belastet werden könne, wobei es sich um $\frac{1}{1204}$ seiner Länge ausdehne. Dies würde

auf einen rheinl. Quadratzoll Fläche eine Belastung von 15,664 Preußischen Pfunden, bei einem Ausdehnungs-Verhältniß von 1 : 1,0008306, geben, oder die Ausdehnung würde auf einen Fuß Länge, 0,1196 Linien betragen.

Brown zerriß einen 1¼ zölligen Quadratstab (3 Fuß 6 Zoll engl. lang) von dunkelgrauem Roheisen aus Wallis, mit einer Belastung von 11 Tonnen 7 Centnern. Die absolute Festigkeit dieses Roheisens wird folglich mit 16,536 Preuß. Pf. auf einen Quadratzoll der Durchschnittsfläche auszudrücken seyn.

Rennie wendete zu den beiden, von ihm nur angestellten Versuchen über die absolute Festigkeit des Roheisens, Stäbe von ¼ Zoll engl. breit und dick an, wodurch das Resultat schon an sich unsicher wird. Außerdem ist auch die Beschaffenheit des Roheisens nicht angezeigt. Der eine Stab war horizontal gegossen und erforderte zum Zerreißen 1166 Pfund: Der zweite, senkrecht gegossene, ließ sich dagegen mit 1218 Pf. belasten. Diese Versuche haben in so fern ein Interesse, als sie zeigen, welchen Einfluß die Art des Gießens und der größere Druck in den senkrechten Formen, unter übrigens ganz gleichen Umständen, auf die Festigkeit des Roheisens äußern können. Der stärkere Druck versieht also bei dem flüssigen Roheisen einigermaaßen die Dienste des Hammers oder des Walzwerks bei den geschmiedeten Metallen. — Nach Rennie's Angaben würde ein rheinl. Quadratzoll des senkrecht oder stehend gegossenen Roheisens 19,862 Preuß. Pfunde, und ein rheinl. Quadratzoll des horizontal oder liegend gegossenen Roheisens 19,013 Preuß. Pf. zum Zerreißen erfordern.

Muschenbroek zerriß einen Roheisenstab, — dessen spec. Gewicht zu 7,8076 angegeben wird, — von 0,17 Zoll breit und dick, mit einem Gewicht von 1930 Pfund. Hiernach würden zu einer Querschnittsfläche von 1 Zoll rheinl. 66,778 Preuß.

Pfund gehören, ein Resultat, welches sich mit keiner Erfahrung in Uebereinstimmung bringen läßt.

Drei Zoll im Durchmesser starke Roheisenstäbe, unmittelbar aus dem Hohenofen gegossen, bei Holzkohlen und bei einem gaaren Gange des Ofens, aus Brauneisenstein erblasen, wurden in der Mitte bis zu einem Durchmesser von genau 2,5 Zoll rheinl. abgedreht, und vermittelst einer Wasserpresse zerrissen. Der Inhalt des Querschnitts war folglich 4,90625 Quadratzoll. Zwölf Versuche gaben im Durchschnitt eine zum Zerreißen erforderliche Kraft von 839 Centnern (zu 110 Pf.) 41½ Pf. Daraus würde sich die zu einem rheinl. Quadratzoll erforderliche Kraft zu 18,819 Preuß. Pf. berechnen. Die Maschine war so konstruirt, daß 1 Pf., welches auf die Wageschaale gesetzt ward, mit einer Kraft von 1365 Pfunden wirkte, wobei jedoch auf die Friktion nicht Rücksicht genommen war, so daß die gefundene Zahl zu groß seyn dürfte. — Es ergaben sich indeß bei diesen 12 Versuchen Differenzen, welche das Resultat unzuverlässig machen. Die größte angewendete Kraft betrug nämlich 106,127 Pfund, oder 21,039 Pf. auf den Quadratzoll; und die kleinste angewendete Kraft ward zu 70,628 Pfund oder zu 14,395 Pf. auf den Quadratzoll gefunden. Der Stab, welcher dieser geringen Kraft unterlag, zeigte indeß eine undichte Stelle, und wenn das Resultat dieses Versuches daher nicht mit berücksichtigt ward, so ergab sich für die anderen 11 Versuche im Durchschnitt eine Kraft von 94,335 Pfunden, oder von 19,227 Pf. auf den Quadratzoll.

Andere Versuche mit eben diesem Roheisen, und zwar mit Roheisenstäben bis zu 1 Zoll Durchmesser in der Mitte abgedreht, gaben noch größere Abweichungen in den Resultaten, indem sich die absolute Festigkeit jenes Roheisens von 14,000 bis zu 24,000 Pfund auf den Rheinländ. Quadratzoll differirend ausmittelte.

Die von Hrn. Hodgkinson angestellten Versuche (On the

relative strength and other mechanical properties of cast iron obtained by hot and cold blast; in dem B. VIII. des Report of the british association for the advancement of science p. 339.) geben Resultate, die von 12,000 bis 20,000 Pfund variiren, wovon sich kein anderer Grund einsehen läßt, als der, welcher in der sehr ungleichartigen Beschaffenheit des Roheisens, namentlich in dem sehr verschiedenartigen Verbindungszustande des Eisens mit Kohle, zu suchen ist. Das Roheisen ist daher, wenn es auf Tragen von Lasten ankommt, wobei die absolute Festigkeit in Anspruch genommen wird, mindestens ein höchst unzuverlässiges Material, welches Berechnungen, die nur einigermaaßen dem wirklichen Erfolge entsprechen sollen, nicht zuläßt, weshalb es auch, um sicher zu seyn, nothwendig wird, die Annahme einer Tragkraft von 12,000 Pf. nicht zu überschreiten.

§. 56.

Die absolute Festigkeit des grauen Roheisens läßt sich mit einiger Zuverlässigkeit in Zahlen also nicht ausdrücken, sondern es ist aus den Versuchen nur zu schließen, daß dasjenige Roheisen, welches einer Kraft von 18,000 Pfunden auf den Quadratzoll des Querschnitts beim Zerreißen widersteht, zu den festeren Roheisenarten zu rechnen ist. Einiges schwach halbirte Roheisen dürfte jedoch manches ganz graue an absoluter Festigkeit übertreffen, obgleich dies durch direkte Versuche auch noch nicht erwiesen ist.

Ueber die Festigkeit des weißen Roheisens sind noch keine Versuche angestellt worden. — Die Festigkeit des grauen Roheisens muß die des weißen ungemein übertreffen, weshalb auch alles Roheisen, welches sich durch seine Härte als ein Roheisen mit überwiegendem Gehalt von weißem Roheisen zu erkennen giebt, zu allen Anwendungen, bei welchem die Festigkeit die erste, und die Härte nur die zweite Bedingung ist, als unbrauchbar erachtet werden muß. Ueberhaupt muß man das graue und das weiße Roheisen, hinsichtlich ihrer Festigkeit, als zwei ganz ver-

schiedene Metalle betrachten, die weder für den Elasticitätsmodulus noch für die Festigkeit die mindeste Uebereinstimmung zeigen.

Nach der Angabe von Tredgold würde der Modulus der vollkommenen Elasticität bei dem Roheisen (ohne Zweifel bei dem grauen) zu 18500000 Pfunden anzunehmen seyn. So hoch findet v. Mietis (Beiträge zur Kenntniß des Guß- und Stabeisens und des Stahls, Wien 1829.) den Modulus nicht. Er giebt, nach seinen Versuchen, den Modulus an: Für stehend in Lehmformen gegossene Stäbe, zu 14211000; für liegend in Lehmformen gegossene Stäbe zu 14428000; für stehend in Sand gegossene Stäbe zu 12907000 bis 15000000; für liegend in Sand gegossene Stäbe zu 13708000 bis 14119000 Pf. Für eine andere Roheisenart giebt v. Mietis aber den Modulus bei Stäben die liegend in Lehm gegossen worden sind, zu 22629000 Pfund, und bei Stäben, die stehend in Lehm gegossen waren, zu 16630000 Pfunden an.

Diese großen Differenzen deuten auf eine sehr große Verschiedenartigkeit des Roheisens, welche auch immer zu einer Unsicherheit in der Bestimmung des Elasticitätsmodulus Veranlassung geben wird.

Nur so viel geht aus allen Versuchen über die Bestimmung der absoluten Festigkeit des Roheisens hervor, daß der Elasticitäts-Modulus des Roheisens etwa ½—⅔ der Größe des Elasticitäts-Modulus des Stabeisens besitzt, und daß die absolute Festigkeit der festeren Arten des Roheisens, zu der des Stabeisens, etwa in dem Verhältniß von 1 zu 2½ stehen mag. Aus diesen Angaben ergiebt sich schon, daß die Gränze der vollkommenen Elasticität und der absoluten Festigkeit, bei dem Roheisen ungemein viel näher liege, als bei dem Stabeisen. Während man das letztere nicht über die Hälfte von demjenigen Gewicht belasten darf, bei welchem es zerrissen wird, läßt sich das Roheisen mit ⅔ desjenigen Gewichtes belasten, welches seine absolute

Festigkeit ausdrückt, ohne bleibende Dehnungen befürchten zu dürfen. Diese Verhältnisse finden jedoch, wohl verstanden, nur bei dehnenden, aber keineswegs bei brechenden, und noch weniger bei drückenden Kräften, Anwendung; auch ist das weiche Roheisen davon ganz ausgeschlossen.

§. 43.

B. Von der rückwirkenden Festigkeit des Eisens.

Die rückwirkende Festigkeit eines festen, absolut steifen und nicht elastischen Körpers, würde durch keine Kraft überwältigt werden können, wenn der Druck, welchen die beiden einander entgegen wirkenden Kräfte auf den Körper ausüben, in vollkommen senkrechter Richtung statt findet. Ist die Richtung der Kräfte nicht senkrecht, so widersteht der Körper durch seine relative Festigkeit und wird nicht eigentlich zerdrückt, sondern zerbrochen. Dennoch läßt sich die rückwirkende Festigkeit eines jeden Körpers durch völlig senkrechten Druck überwinden, weil jeder feste Körper mehr oder weniger elastisch ist. Er wird entweder gekrümmt, wenn das Verhältniß der Länge zur Breite und Dicke des Körpers sehr groß ist; oder im entgegengesetzten Fall wird er wirklich zerdrückt. Dies Zerdrücken giebt sich auf zweifache Weise zu erkennen; einmal, indem der Körper seinen ganzen Zusammenhang behält, wobei ein Verschieben seiner Theilchen nach allen von einem gemeinschaftlichen Mittelpunkt ausgehenden, die drückenden Kräfte senkrecht durchschneidenden Richtungen, statt findet; und dann, indem der Körper zertrümmert wird. Ersteres ist der Erfolg der Geschmeidigkeit, letzteres der Erfolg der Sprödigkeit eines Körpers. Wenn die drückenden Kräfte nicht bis zu dem Grade gesteigert werden, daß eine bleibende Verschiebung nach der Wegnahme des Druckes statt gefunden hat; so wird die Wirkung derselben auf alle elastischen Körper darin bestehen, daß die Theilchen desselben einander genähert werden, oder daß der Körper zusammengepreßt wird und nach Aufhebung des Druckes seine frühere Gestalt wieder annimmt.

Tredgold und Duleau gehen von der theoretisch offenbar durchaus richtigen Ansicht aus, daß eine gleich große Kraft erforderlich sey, um die Theilchen eines Körpers bis zu einer gewissen Länge auszudehnen, und um sie bis zu eben dieser Länge zusammen zu drücken. Diese Uebereinstimmung der Größe, oder des Maaßes für die absolute und für die rückwirkende Festigkeit, soll aber nur bis zur Gränze der vollkommenen Elasticität, nämlich bis dahin statt finden, wo der Körper, durch die, seiner Festigkeit entgegen wirkenden Kräfte, keine dauernde Veränderung in seiner Textur erleidet. Dieselbe Kraft also, welche, nach Duleau, das Stabeisen um 0,0003 seiner ursprünglichen Länge ausdehnt, wird es auch um 0,0003 seiner Länge zusammendrücken, und mit der Entfernung der Kräfte wird das Stabeisen seine vorige Länge wieder annehmen. — Nach Tredgold würde die Ausdehnung, oder die Zusammenpressung des Stabeisens 0,000714 seiner Länge seyn, wenn die dehnende oder die drückende Kraft 18,233 Preuß. Pf. auf einen Quadratzoll der Oberfläche oder des Querschnitts beträgt. Und eben so würde das Roheisen um 0,0008306 seiner ursprünglichen Länge ausgedehnt oder zusammengepreßt werden, wenn der Quadratzoll seiner Oberfläche, oder seines Querschnittes, mit 15,664 Preuß. Pf. dehnend oder drückend belastet wird; oder mit anderen Worten, der Elasticitäts-Modulus und die Größe der absoluten Festigkeit werden in ganz übereinstimmender Art gefunden werden, man mag sie durch dehnende oder durch drückende Kräfte bestimmen.

Die Versuche des Hrn. Pictet zeigen, daß die Verkürzung eines Roheisenstabes mit der drückenden Kraft nicht genau im graden Verhältniß steht, sondern daß sie etwas größer ist, als sie verhältnißmäßig seyn sollte. Sie zeigen ferner, daß die Verkürzung schon bei sehr geringen drückenden Kräften eintritt und daß diese Verkürzung in dem Verhältniß von 76 zu 50 von Hrn. Duleau zu geringe angegeben, oder daß sie um die Hälfte größer ist. Hrn. Pictets Versuche beziehen sich jedoch

nur auf sehr schwache Belastungen. Ein Stabeisenstab, welcher durch ein Gewicht von 260 Pfunden zu 0,000022 seiner ursprünglichen Länge zusammengedrückt worden war, erhielt seine ursprüngliche Länge nicht völlig wieder, als die drückenden Gewichte weggenommen wurden, sondern blieb um 0,0000023 verkürzt, welches Resultat die Annahmen von Duleau und Tredgold nicht bestätigt.

§. 58.

Versuche über das Zerdrücken des Stabeisens hat Rondelet angestellt. Bei diesen Versuchen wird jedoch nur erwähnt: der Würfel fängt an, sich zusammen zu drücken, ohne daß das Verhältniß der ursprünglichen zu der nach dem Versuch gefundenen Höhe des Würfels angegeben worden wäre. Die Dimensionen sind nach altem französischen Maaß angegeben:

Dimensionen der Würfel und Cylinder aus Stabeisen:	Ein rheinl. Quadrat-Zoll Oberfläche erfordert, bis zum beginnenden Zusammendrücken, Preuß. Pfunde:
Würfel von 6 Linien.	71,215
Würfel von 8 Linien,	71,636
Würfel von 10,5 Linien.	72,900
Würfel von 12 Linien.	71,917
Cylinder, 12 Linien Durchmesser und 12 Linien hoch.	73,041
Cylinder, 8 Linien Durchmesser und 8 Linien hoch.	72,340
Cylinder, 6 Linien Durchmesser und 6 Linien hoch.	71,636

Die Resultate dieser Versuche stimmen ziemlich gut mit der Voraussetzung überein, daß dem Stabeisen eine eben so große rückwirkende als absolute Festigkeit zukommt, denn das sehr bedeutende Gewicht von 70,000 Pfunden, welches sich für die absolute Festigkeit nur bei Stabeisen zu finden pflegt, welches schon zu schwächeren Dimensionen ausgestreckt worden ist, wird dadurch erklärbar, daß die zum Zerdrücken angewendeten Würfel mit besonderer Sorgfalt ausgeschmiedet und bearbeitet worden sind.

§. 59.

Versuche über das Zerdrücken des Roheisens hat Rennie mitgetheilt. Indeß sind die Umstände, unter denen das Zerdrücken erfolgt, nicht genau angegeben. Alle zum Zerdrücken bestimmten Würfel oder Prismen wurden aus der Mitte einer Roheisenbarre ausgeschnitten, und zu den bestimmten Dimensionen bearbeitet. Alles zu den Versuchen genommene Roheisen war graues Roheisen.

Dimensionen, nach engl. Maaß:	Spec. Gew. des Roheisens.	Ein rheinl. Quadratzoll Oberfläche erforderte zum Zerdrücken.	Bemerkungen.
Würfel von 1/8 Zoll	7,033	95,307	Alle drei aus einer Barre.
Desgleichen		92,816	
Desgleichen		94,910	
1/8 Z. lang u. breit, 3/8 Z. hoch	6,977	123,000	Beide aus einer Barre.
Desgleichen		151,416	
1/8 Z. lang u. breit, 3/8 Z. hoch		154,890	Alle sechs aus einer Baere.
1/8 — — — — 4/8 — —		131,424	
1/8 — — — — 5/8 — —		92,226	
1/8 — — — — 6/8 — —		114,250	
1/8 — — — — 7/8 — —		104,483	
1/8 — — — — 8/8 — —		94,323	
Würfel von 1/4 Zoll	6,977	173,090	Aus derselb. Barre, wie d. nächst vorhergehenden.
Desgleichen		157,274	
Desgleichen		162,535	
Desgleichen		147,833	
Würfel von 1/4 Zoll	7,113	170,976	Horizontal, oder liegend gegossen.
Desgleichen		175,695	
Desgleichen		173,811	
Desgleichen		142,572	
Würfel von 1/4 Zoll	7,074	207,573	Senkrecht oder stehend gegossen.
Desgleichen		179,465	
Desgleichen		181,727	
Desgleichen		161,339	

Diese Resultate stehen mit den Erfolgen, welche das Roheisen beim Zerreißen giebt, durchaus nicht im Einklange. Es scheint daher, daß die rückwirkende Festigkeit des Roheisens in einem außerordentlich hohen Verhältniß größer seyn muß, als seine absolute Festigkeit, wovon sich jedoch der Grund in der Theorie noch nicht einsehen läßt.

Zu den Versuchen über das Zerdrücken des Roheisens, welche ich auf der Eisenhütte zu Gleiwitz in Oberschlesien angestellt habe, wurden Würfel von 0,25 Zoll rheinl. und Roheisen angewendet, welche bei Koaks erblasen waren. Die Resultate beziehen sich auf folgende Roheisenarten:

Nr. 1. Roheisen aus dem Gleiwitzer Hohenofen, offen auf dem Heerde gegossen und zwar in Gestalt eines 0,75 zölligen Quadratstabes, aus welchem die Würfel dann aus der Mitte des Stabes gefeilt wurden. Des Eisen war vollkommen gaar, auf dem Bruch feinkörnig, und glänzend dunkelgrau.

Nr. 2. Dasselbe Roheisen, aber in senkrecht stehenden Formen gegossen. Die Würfel wurden ebenfalls aus einem 0,75 zölligen Quadratstabe gefeilt.

Nr. 3. Dasselbe Roheisen, im Kupolofen umgeschmolzen und offen auf dem Heerde gegossen. Die Würfel ebenfalls durch Feilen dargestellt.

Nr. 4. Dasselbe Roheisen, im Kupolofen umgeschmolzen und in senkrecht stehenden Formen gegossen. Die Würfel wurden aus 0,75 zölligen Quadratstäben gefeilt.

Nr. 5. Dasselbe Roheisen, im Flammofen umgeschmolzen und offen auf dem Heerde gegossen. Die Würfel waren aus einem Quadratstabe gefeilt.

Nr. 6. Dasselbe Roheisen, im Flammofen umgeschmolzen und in senkrecht stehenden Formen gegossen. Die Würfel waren aus einem Quadratstabe gefeilt.

Nr. 7. Dasselbe Roheisen, unmittelbar aus dem Hohenofen, aber unmittelbar in die Würfelform gegossen.

Die Form war in gebrannter Masse bereitet, also Kastenguß in trockenem fettem Sand. Wegen des Schwindens beim Zusammenziehen des flüssigen Roheisens beim Ersteren mußten die Würfel allerdings etwas kleiner als 0,25 Zoll ausfallen, indeß war der Unterschied nicht meßbar. Das Eisen hatte sich, wie sich nach dem Zerdrücken deutlich zeigte, stark abgeschreckt und das Ansehen des weißen Roheisens erhalten.

Nr. 8. Dasselbe Roheisen, im Kupolofen umgeschmolzen und unmittelbar in die Würfelform gegossen.

Nr. 9. Dasselbe Roheisen, im Flammofen umgeschmolzen und unmittelbar in die Würfelform gegossen.

Nr. 10. Roheisen von der Königshütte in Oberschlesien (ebenfalls bei Koaks erblasen), unmittelbar aus dem Hohenofen, offen auf dem Heerde in $\frac{1}{4}$ zölligen Stäben gegossen, aber in feuchtem Sande. Das nicht ganz grau erblasene Roheisen hatte sich durch das Gießen in die Form so abgeschreckt, daß es weiß geworden war, weshalb die Würfel nicht gefeilt werden konnten, sondern aus dem Stabe geschliffen werden mußten.

Art des Roheisens. Nr.	Belastung, bei welcher d. Wirkung hervorgebracht ward in Berl. Pf.	Ein Quadratzoll Oberfläche hat also bis zur erfolgend. Wirkung getragen, in Berl. Pfd.	Bemerkungen.
I.	9135	146,160	Die Würfel wurden sämmtlich zu einer breiten Platte gedrückt, ohne zertrümmert zu werden; jedoch erfolgte das Breitdrücken nicht allmälig, sondern mehrentheils plötzlich, und mit einem Mal, sobald die letzten kleinen Gewichtsstücken auf die Waage gesetzt wurden; wenigstens ließ sich nicht bemerken, daß die Würfel vor dem Zerdrücken warnehmbar an Höhe verloren hätten. Die breit gedrückten Platten hatten jedoch wenig Zusammenhang und ließen sich leicht zerbröckeln.
	9239	147,804	
	9097	145,552	
II.	9561	152,976	
	9358	149,728	
	9387	150,192	
III.	9060	144,960	
	9083	145,328	
	8970	143,520	
IV.	9013	144,208	
	8924	142,784	
	8830	141,280	
V.	10658	170,528	
	10762	172,192	
	10895	174,320	
VI.	11255	180,080	
	11489	183,824	
	11122	177,952	
VII.	13396	214,136	Die Würfel wurden mit Knall- u. mit Licht-Entwickelung in viele Stücken zertrümmert. Der dritte Würfel hatte schon bei einer Belastung v. 11,300 Pf. einen Riß erhalten, zertrümmerte sich aber erst bei 14,583.
	13374	213,884	
	14583	233,328	
	13794	220,704	
	13463	215,408	
VIII.	11510	184,160	Die Würfel wurden mit einem schwachen Knall und ohne Lichtentwicklung zerdrückt, ohne in so viele Stücken wie die vorigen zu zerspringen.
	11662	186,592	
	11876	190,016	
	10629	170,064	
	11122	177,952	
IX.	16668	266,688	Die Würfel wurden mit einem starkem Knall und ohne bemerkbare Lichtentwicklung zerdrückt. Die Stücken waren aber mehr zusammenhängend u. wurden weniger umhergeschleudert.
	16240	259,840	
	16039	259,624	
	16541	264,656	
	16598	265,568	
X.	12371	197,936	Die Würfel zerplatzten mit starker Knall- und Lichtentwickelung in viele Stücken, die größtentheils fortgeschleudert wurden.
	12607	201,712	
	12974	207,584	
	12304	196,864	
	12481	199,696	

Die neuesten Versuche über die rückwirkende Festigkeit des Roheisens sind von Hrn. Hodgkinson angestellt (a. a. O. S. 342. u. f.). Auch er fand Differenzen von 96,000 bis 130,000 Pfd., wie sich bei einer Metall-Legirung von so unbestimmter, und bei der geringsten Verschiedenheit in der Behandlung beim Schmelzen und Erstarren, höchst verschiedenartiger Zusammensetzung, wohl erwarten läßt.

Aus diesen schwankenden Resultaten läßt sich nur der sichere Schluß ziehen, daß die rückwirkende Festigkeit des Roheisens bedeutend größer ist, als die des Stabeisens, und daß das graue Roheisen eine geringere rückwirkende Festigkeit besitzt, als das weiße. Wo also Lasten zu unterstützen sind und drückend getragen werden müssen, wird das Roheisen zweckmäßiger anzuwenden seyn, als das Stabeisen. Bei Hängewerken aber, und überhaupt in allen Fällen, wo die absolute Festigkeit des Eisens in Anspruch genommen wird, ist das Stabeisen dem Roheisen weit vorzuziehen.

Dies Verhalten zeigt auffallend, wie ungemein verschieden sich die absolute und die rückwirkende Festigkeit der Körper verhalten. Nach Muschenbroek ist die absolute Festigkeit des Eichenholzes so groß, daß ein Quadratzoll des Querschnitts mit 15,700 Pfd. belastet werden kann, ehe das Holz zerreißt; eine Festigkeit, die manches Roheisen nicht besitzen mögte. Herr Rennie zeigte aber, daß sich die rückwirkende Festigkeit des Roheisens, zu der des Eichenholzes, wenigstens wie 90,000 zu 3860 verhält, oder daß sie wenigstens 23 mal größer ist, als die des Eichenholzes.

§ 60.

Ueber die Größe der rückwirkenden Festigkeit des Stahls sind bis jetzt noch keine Versuche angestellt worden. Man kann aus dem übrigen Verhalten des Stahls nur schließen, daß ihm eine sehr bedeutende rückwirkende Kraft zukommen muß, und zwar dem gehärteten Stahl in einem höheren Grade, als

dem nicht gehärteten, so daß seine rückwirkende Festigkeit für die verschiedenen Härtezustände wahrscheinlich ein umgekehrtes Verhalten zeigen würde als die absolute. Gehärteter und angelassener Stahl würde also das beste Material seyn, um sehr große Lasten zu tragen, wenn es sowohl auf die absolute, als auf die rückwirkende Festigkeit ankommt.

§. 61.

C. Von der relativen Festigkeit des Eisens.

Bei der bekannten Größe der absoluten Festigkeit eines Körpers sollte es, wie es scheint, nicht schwierig seyn, seine relative Festigkeit zu bestimmen, sobald die statischen Momente der wirkenden Kräfte bekannt sind, indem alsdann die relative Festigkeit, als ein mit den statischen Momenten der Kräfte im Verhältniß stehender Theil der absoluten Festigkeit, durch die bloße Berechnung gefunden werden müßte. Bei absolut spröden Körpern würde dies auch unstreitig der Fall seyn. Wird dieser an einem Ende so befestigt, daß er nicht ausweichen kann, und durch an dem andern Ende hängende Gewichte so lange belastet, bis er bricht, so würde — wie Galiläi gethan — anzunehmen seyn, daß sich der abbrechende Theil um eine horizontale Axe drehe, die durch den tiefsten Punkt der Bruchfläche gehen würde, wozu dann noch die Voraussetzung kommt, daß der Widerstand, den der Körper den brechenden Kräften entgegen setzt, eine in allen Theilen der Bruchfläche unveränderliche Größe sey. Nennt man l die horizontal hervorragende Länge des Stabes, b seine Breite, h seine Höhe und Q die Größe der an dem nicht unterstützten Ende wirkenden Kräfte, bezeichnet ferner $W b h$ die absolute Festigkeit des Körpers; so wird angenommen, daß der Widerstand gegen die trennende Kraft in allen Punkten des Querschnitts dieselbe sey, dergestalt daß der Moment dieses Widerstandes $= \frac{1}{2} W b h^2$ seyn muß. Wäre G das absolute Gewicht des zu zerbrechenden Körpers, so würde das Gleich-

gewicht der Kräfte $Ql + \frac{1}{2} Gl = \frac{1}{2} W b h^2$ seyn. Da nun $Q + \frac{1}{2} G$ die Größe der Kräfte ausdrückt, welche an dem nicht unterstützten Ende des Stabes vereinigt sind, so muß diese Kraft mit der Festigkeit des Körpers im Gleichgewicht stehen. Bezeichnet man die relative Festigkeit mit P, so wird $P = \frac{W b h^2}{2 l}$. Wäre also W bekannt, so würde die relative Festigkeit des Stabes P für jede Dimension von l, h und b leicht zu bestimmen seyn. — Wäre der Stab nicht an einem, sondern an beiden Enden unterstützt und der Stab in der Mitte belastet, so wird $P = \frac{2 W b h^2}{l}$. — Wäre die Last gleichmäßig über die ganze Länge des Stabes vertheilt, so würde $P = \frac{4 W b h^2}{l}$. — Wäre der Stab kein Prisma, sondern ein voller Cylinder, so würde $P = \frac{W \pi r^3}{l}$. Wäre endlich der Stab ein hohler Cylinder, so würde $P = \frac{W \pi r x^2}{l}$, wenn r der Halbmesser des ganzen Kreises, und x der Halbmesser der Höhlung ist, die sich aus dem Querschnitt des Cylinders ergeben.

Diese Bestimmungen, welche aus den statischen Gesetzen unmittelbar hervorgehen, geben jedoch Werthe, welche, weil sie nur für absolut unbiegsame Körper gelten, mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmen können. Man muß mit Mariotte und Leibnitz die Elasticität der Körper mit in Rechnung bringen, und jene Formeln durch Hinzufügung einer Größe rectificiren, welche das Verhältniß der neutralen Axe zu der ganzen Höhe des Stabes ausdrückt. Diese neutrale Axe ist diejenige Linie, welche man sich in irgend einem Theil der Höhe des zu biegenden oder zu zerbrechenden Stabes fortlaufend denkt, und welche weder an der Ausdehnung noch an der Zusammendrückung der Theilchen des Stabes Theil nimmt. Für die verschiedenen Materien muß die Lage dieser neutralen Axe, nämlich ihre Ent-

fernung von der oberen oder von der unteren Horizontallinie des Stabes sehr verschieden seyn. Für Körper, die bloß ausdehnbar, aber nicht zusammendrückbar sind, würde $P = \frac{W b h^2}{3 l}$, und für Körper, die eben so viel Kraft zur Ausdehnung als zur Zusammendrückung ihrer Theilchen erfordern, — ein Fall, der als der gewöhnlich statt findende angenommen wird, — würde die neutrale Axe grade durch die Mitte der Bruchungsebene gehen und $P = \frac{W b h^2}{6 l}$ seyn, wenn angenommen wird, daß der Stab nur an einem Ende befestigt und an dem andern belastet ist. Diese Formeln geben aber bei dem Eisen zu geringe Werthe, die zum Theil weit gegen die kleinsten Werthe zurück bleiben, wenn man es versucht, aus dem durch Erfahrung gefundenen Werth von P, die absolute Festigkeit von W zu berechnen. Ungleich besser stimmen, wenigstens für die härteren Eisenarten, die gewöhnlichen Formeln, bei welchen auf die Elasticität und Zusammendrückbarkeit, oder auf die Lage der neutralen Axe, gar nicht Rücksicht genommen ist. Ließe sich für die verschiedenen Materien die Lage der neutralen Axe, nämlich der Theil von h, welcher der neutralen Axe correspondirt, genau bestimmen, so würde durch W der Werth von P und umgekehrt, durch Berechnung zu finden seyn. Aber die Ermittelung dieses, in die Formel $P = \frac{W b h^2}{2 l}$ einzuführenden Faktors, dessen Werth für jede Materie, woraus ein Körper besteht, ein verschiedener seyn muß, ist so schwierig, daß es bis jetzt nicht hat gelingen wollen, aus der absoluten Festigkeit eines Körpers seine relative, also umgekehrt auch aus dieser jene, mit Genauigkeit zu bestimmen. Zweckmäßiger ist es daher, Körper von einerlei Materie hinsichtlich ihrer relativen Festigkeit nur unter sich zu vergleichen, ohne auf die absolute Festigkeit und auf die Lage der neutralen Axe, oder eigentlich auf den in Rechnung zu

bringenden Theil von h Rücksicht zu nehmen, wie es, wegen der elastischen Beschaffenheit der Körper nothwendig geschehen muß, wenn der Fall eintreten sollte, aus der bekannten absoluten Festigkeit des Körpers, seine relative, oder umgekehrt zu berechnen. Wenn für irgend einen Stab von gegebener Länge L, Höhe H, und Breite B, das Gewicht P bekannt ist, welches, am Ende des Stabes aufgehängt, ohne die geringste Verminderung im Stande wäre, den Stab zu zerbrechen; so verhält sich allgemein, für jeden Stab, der aus einer ähnlichen Materie besteht, für dessen Länge, Höhe und Breite und für das Gewicht P^1, welches er tragen kann:

$$P:P^1 = \frac{bh^2}{l}:\frac{BH^2}{L},$$ und es wird:

$$P = \frac{LP^1}{BH^2} \cdot \frac{bh^2}{l}$$

Wäre also $\frac{LP^1}{BH^2}$ aus zuverlässigen Versuchen bekannt, so kann man diesen Werth $= \mu$ setzen und man erhält für die relative Festigkeit des Stabes:

$$P = \frac{\mu b h^2}{l}$$

eine Formel, worin μ den Coefficienten der relativen Festigkeit oder den Brechungs-Coefficienten einer Materie bezeichnet.

Diesen Brechungs-Coefficienten hat man nun für verschiedene Materien, auch für das Stabeisen, den Stahl und das Roheisen zu bestimmen gesucht, um dadurch eine Vergleichung der relative Festigkeiten der Körper, welche aus verschiedenen Materien bestehen, zu erhalten. Eine Vergleichung der relativen Festigkeit zur absoluten, eines und desselben Körpers, läßt sich auf diese Weise natürlich nicht erlangen.

Man muß indeß gestehen, daß auch die Ermittelung des Brechungs-Coefficienten, — wenigstens für die verschiedenen Arten des Eisens, — bis jetzt noch nicht zu einer Kenntniß von der

relativen Festigkeit des Stabeisens, des Stahls und des Roheisens geführt hat. Ungleich wichtiger ist es für dieses Material, die Gränze der Belastung zu kennen, bis zu welcher eine bleibende, und nicht mehr verschwindende Biegung eintritt. Will man aber verschiedene Arten von Stabeisen, von Stahl oder von Roheisen, unter sich vergleichen, so ist es am zweckmäßigsten, — wie es auch von den neuern Experimentatoren geschehen ist, — die Zerbrechungsversuche unter möglichst gleichen Umständen anzustellen und das Produkt aufzusuchen, welches man bei der Belastung eines Stabes durch die Multiplikation seines Querschnittes mit den brechenden Gewichten erhält. Sorgt man dafür, daß die Querschnitte nach Möglichkeit gleiche Flächen, entsprungen aus gleichen Breiten und gleichen Höhen der Stäbe, darstellen, so daß es der Zurückführung auf ein gemeinschaftliches Maaß, durch Berechnung, nicht bedarf; so werden die Produkte der Querschnittsfläche mit den brechenden Gewichten, die beste Vergleichung der relativen Festigkeiten der verschiedenen Eisenarten unter einander, abgeben.

§. 62.

Zur Bestimmung des Modulus der vollkommenen Elasticität für Körper, welche durch Belastung gebogen werden, hat Young die Formel gegeben: $M = \frac{4 l^3 W}{\delta b h^3}$, wo W das biegende Gewicht, mit Einschluß des Gewichtes des Körpers selbst, l die Länge, so wie b die Breite und h die Höhe desselben auf der Querschnittsfläche, und δ die Größe bezeichnet, um welche der Körper herabgedrückt wird. Je nachdem l, b, h und δ in Zollen oder in Linien ausgedrückt sind, wird sich aus der Formel der Elasticitäts-Modulus für den Quadratzoll, oder für die Quadratlinie ergeben. Jene Formel gilt für den Fall, wenn der Stab horizontal an einem Ende befestigt und an dem andern mit den biegenden Gewichten beschwert wird. Wäre der Stab an beiden Enden so unterstützt, daß er nicht ausweichen

kann, und werden die Gewichte in der Mitte desselben aufgehängt, so daß δ die größte Abweichung von der unteren horizontalen Fläche des zu biegenden Stabes bezeichnet, so würde zur Bestimmung des Modulus M die Formel $\frac{W l^3}{4 \delta b h^3}$ in Anwendung kommen.

§. 63.

Der nach der eben angegebenen Formel berechnete Elasticitätsmodulus stimmt nicht genau mit demjenigen überein, welcher durch Anwendung dehnender Kräfte gefunden wird. Bei dem Stabeisen wird er im Allgemeinen durch die Biegung etwas geringer als durch die Dehnung gefunden werden. Für das Roheisen hat Hr. Fairbairn den Modulus von 11000000 bis über 17000000 Pf. abweichend gefunden, welches bei einem Material von so verschiedenartiger Zusammensetzung kaum auffallend seyn kann.

§. 64.

Es würde für die Praxis von Wichtigkeit seyn, wenn man sich im Besitz von zuverlässigen Erfahrungen darüber befände, bei welcher Größe der Belastung ein Eisenstab eine bleibende Biegung behält, und bei welcher Größe der Belastung das völlige Zerbrechen eintritt. Bei dem Stabeisen sind solche Versuche noch nicht mit Vollständigkeit durchgeführt worden, so daß das Verhältniß der Belastung für die Gränze der vollkommenen relativen Elasticität zu der Belastung beim Zerbrechen, noch nicht bekannt ist.

Für das Roheisen sind dagegen die Gewichte ermittelt, bei welchen eine bleibende Biegung eintritt, und bei welchen das völlige Zerbrechen des Stabes erfolgt. Wären die Resultate zuverlässig, so würde sich wenigstens diejenige Größe der relativen Festigkeit beurtheilen lassen, welche man bei Belastungen gegossener eiserner Balken u. s. f. benutzen darf, ohne bleibende Biegungen besorgen zu dürfen. Aber die Resultate sind höchst

unzuverlässig und noch kürzlich haben die Hrn. Fairbairn und Hodgkinson (a. a. O.) darauf aufmerksam gemacht, daß die bleibenden Biegungen bei dem Roheisen schon bei geringen Belastungen eintreten, so daß man der relativen Festigkeit des Roheisens kein großes Vertrauen schenken darf, besonders weil das bedeutende eigene Gewicht eines frei liegenden gegossenen eisernen Balkens, schon seine Tragkraft vermindert.

§. 65.

Eine Vergleichung der absoluten Festigkeit des Eisens mit der der übrigen Metalle, ist zwar häufig angestellt worden; allein die Abweichungen in den Zahlen sind so bedeutend, daß sich zur richtigen Bestimmung derselben für die Physiker noch ein weites und fast unbebautes Feld darbietet. Was die zeitherigen Untersuchungen ergeben haben, zeigt die folgende Uebersicht:

Gegossene Metalle.	Maximum der Festigkeit.	Minimum der Festigkeit.
Stabeisen	?	?
Stahl	?	26,000 ?
Roheisen	26,000 ?	10,000 ?
Kupfer	30,000 ?	12,000 ?
Gold	20,000 ?	20,000 ?
Silber	39,000 ?	39,000 ?
Blei	2300 ?	870 ?
Zinn	6500 ?	3150 ?
Zink	2900 ?	2500 ?
Wismuth	3200 ?	2900 ?
Antimon	1038 ?	1038 ?
Geschlagene Metalle.		
Stabeisen	150,000 ?	30,000 ?
Stahl	150,000 ?	60,000 ?
Kupfer	65,000 ?	30,000 ?
Gold	34,000 ?	25,000 ?

Geschlagene Metalle.	Maximum der Festigkeit.	Minimum der Festigkeit.
Silber	66,000 ?	38,000 ?
Blei	5,800 ?	2500 ?
Zinn	7,500 ?	?
Zink	23,000 ?	?

Die Zahlen bedeuten die zum Zerreißen eines Stabes, dessen Querschnitt einen rheinländischen Quadratzoll beträgt, erforderlichen Gewichte in Preuß. Pfunden. Jede derselben wird wahrscheinlich noch großer Berichtigungen bedürfen.

P. a. Musschenbroek, de firmitate metallorum. In dessen diss. de cohaerentia et firmitate. Introductio ad Philosophiam naturalem. Lugd. Batav. 1762. I. 390—476. — Expériences faites par Mr. Soufflot sur la force des fers. In J. Rondelet Traité théorique et pratique de l'art de bâtir. T. IV. Part. II. p. 85.—89. — Account of Experiments made on the Strength of Materials. By G. Rennie. Philosoph. Transact. for the year 1818. I. 118 — 136. — An Essay on the strenght and stress of Timber. By Barlow. London. 1837. (Vierte Ausgabe.) — Practical Essai on the strength of cast Iron and other Metals. By T. Tredgold. London. 1824. (Zweite Ausgabe.) — Essai théorique et experimental sur la résistance du fer forgé. Par A. Duleau. Paris 1820. — Description du pont suspendu en fil de Fer, construit à Genève. Par Dufour. Genève et Paris. 1824. — Des ponts en fil de Fer. Par Seguin ainé. Paris. 1824. — Gazeran, sur les fers de fonte obtenues avec le charbon de terre désoufré et sur leur tenacité, comparée avec celles de fontes qui proviennent des forges où l'on n'emploie que le charbon de bois. Annales de Chimie VII. 97 — 112. — Tenacität der dehnbaren Metalle; aufs Neue bestimmt von Guyton Morveau; in Gilberts Annalen der Physik. Neue Folge IV. 209 bis 214. — von Sickingen Versuche über die Platina. 1782. S. 114. — Texier de Norbeck, recherches sur l'Artillerie II. 391. — Jern Contorets Annaler. 1824. VIII. 297. — Traité sur la construction des ponts. Par Gauthey T. II.

p. 152. — Power of Machines. By Banks. p. 89. — Sur les variations que peut éprouver dans la longueur une barre de Fer, soumise à l'action de diverses forces. Par Pictet. Bibliotheque Britannique Nouv. Serie, oder Bibliotheque universelle I. 171—200. — An Account of some Experiments to ascertain the strength of such cast Iron, as are commonly used in Mill work, and what proportion their strenght has to their diameters. By Dunlop. In Thomson's Annals of Philosophy. XIII. 200—203. — Zusammenstellung mehrerer, sehr interessanter Versuche, welche über die absolute, respektive und rückwirkende Festigkeit verschiedener Materialien, als des Eisens, des Bauholzes u. s. f. neuerlich angestellt worden sind. Von A. Burg. In den Jahrbüchern des K. K. polytechnischen Institutes zu Wien. B. V. S. 215—287. — Versuche über die Festigkeit der Metalle, besonders des Eisens. Zusammengetragen von mir; im Archiv für Bergb. u. Hüttenwesen. X. 3—107. — Lagerhjelm, Versuche zur Bestimmung der Dichtheit, Gleichartigkeit, Elasticität, Schmiedbarkeit und Stärke des gewalzten u. geschmiedeten Eisens. A. d. Schwed. v. Pfaff. Nürnberg. 1829. — v. Mietis, Beiträge zur Kenntniß der Eigenschaften des Guß- und Stabeisens und des Stahls. Wien. 1829. — Karmarsch, Versuche über die absolute Festigkeit der zu Drath gezogenen Metalle. In Prechtl's Jahrbüchern des polytechnischen Instituts in Wien. XVIII. 54. — Brix, über die Cohäsions- und Elasticitäts-Verhältnisse einiger, nach ihren Dimensionen beim Bau der Hängebrücken in Anwendung kommenden Eisendräthe. Berlin. 1837.

§. 66.

Wenn wir den Stahl als das festeste Eisen kennen gelernt haben, so ist diese Thatsache mit der Erscheinung im Widerspruch, daß sich eine gehärtete Stahlstange leicht zerschlagen läßt — ein Widerspruch, der sich nur durch die Sprödigkeit des Stahls erklärt, welche bei einem plötzlichen Schlage oder Stoße wirksam wird, indem wegen des sehr großen Mangels an Biegsamkeit, die Wirkung des Schlages oder des Stoßes sich auf einem einzigem Punkt koncentrirt und sich nicht durch die ganze Masse des

Stabes verbreitet. Das harte, aber nicht biegsame Eisen besitzt den Zustand der Sprödigkeit nicht; denn dies Eisen läßt sich eben so leicht durch Gewichte zerbrechen, als es sich zerschlagen läßt; es ist also mürbe und spröde zugleich. Weil die Sprödigkeit mit der Härte im Zusammenhang steht, indem die Sprödigkeit nie ohne Härte, wohl aber die Härte ohne Sprödigkeit stattfinden kann; so müssen die Wirkungen der Sprödigkeit und die der Mürbheit wohl unterschieden werden, indem sprödes (und folglich auch hartes) Eisen zugleich fest seyn kann, welches bei dem mürben und harten Eisen nie der Fall ist. Die Sprödigkeit, also auch die Zerbrechlichkeit des Eisens beim Werfen, Schlagen und plötzlichen Biegen, läßt sich beim harten und festen Eisen durch Ausglühen heben, wogegen das mürbe und harte Eisen immer zerbrechlich bleibt, wenn es auch durch das Ausglühen etwas von seiner Sprödigkeit verliert.

§. 67.

Die Biegsamkeit, welche sich als Elasticität äußert, ist eine Eigenschaft, die der beste Stahl im höchsten Grade besitzt. Sie ist bei dem Stahl jederzeit ein Beweis von sehr großer Festigkeit, also von der Schwerzersprengbarkeit desselben. Mit der Härte kommt sie in ein gewisses Verhältniß zu stehen, weshalb sehr elastischer Stahl auch zugleich hart seyn muß; und dann erfüllt er seinen Zweck als Stahl am vollkommensten. Weil aber mit der zunehmenden Härte auch zugleich die Sprödigkeit zunimmt, so stehen Elasticität und Sprödigkeit in einem scheinbaren Gegensatze, obgleich die letztere nur eine Folge der Härte, und von der Festigkeit (also auch von ihrer Aeußerung als Elasticität) unabhängig ist. Wegen dieser Zunahme der Sprödigkeit wird der zu harte Stahl zu manchen Anwendungen, wo er nämlich plötzlichen Stößen und Schlägen ausgesetzt werden soll, unanwendbar.

Das weiche Stabeisen kann große Biegsamkeit, ohne Elasticität, besitzen, und gehört dann nicht mehr zu den festeren Eisen-

arten. Ist es aber nur wenig biegsam, ohne eine große Festigkeit zu besitzen, so ist es ein mürbes Eisen, ohne dabei nothwendig spröde sein zu dürfen.

Das harte Stabeisen kann große Biegsamkeit und Elasticität besitzen, und ist dann das beste, festeste Eisen. Ist es bei seiner Härte nur in einem geringen Grade elastisch biegsam, so ist die Unbiegsamkeit entweder eine Folge einer zufälligen Sprödigkeit (die sich durch Ausglühen heben läßt), oder sie liegt in der Beschaffenheit des Eisens, und dann ist es ein hartes, mürbes Eisen. Das kaltbrüchige und das roh gefrischte Stabeisen gehören hierher.

Das graue Roheisen besitzt einige Biegsamkeit und auch einige Elasticität; das weiße Roheisen ist dagegen fast ganz unbiegsam und im höchsten Grade spröde.

§. 67.

Ueber die absolute Festigkeit, in so fern sie sich als Dehnbarkeit äußert, sind bis jetzt sehr wenige vergleichende Versuche angestellt. Das harte und feste Stabeisen scheint die größte Dehnbarkeit zu besitzen, welche nur von der des besten Stahls übertroffen wird. Das harte, mürbe Eisen scheint nur eine sehr geringe Dehnbarkeit zu haben, so wie auch das weiche, mürbe Stabeisen; wogegen die Dehnbarkeit des weichen, festen Eisens häufig sehr groß, vielleicht noch größer ist, als die des harten, festen Eisens. Das letztere erhält aber durch das Ausdehnen viel eher einen Grad von Sprödigkeit (wovon die Ursachen nicht bekannt sind) als das weiche Eisen, weshalb es mit Einem Male nicht so lang ausgedehnt werden darf, und auch öfter geglüht werden muß, um die Sprödigkeit wieder wegzuschaffen, als das weiche, feste Eisen. — Von der Dehnbarkeit des Stahls und des Stabeisens hängt ihre Anwendung zu Drath ab. Je fester das Eisen war, desto feiner muß auch der Drath aus demselben gezogen werden können, vorausgesetzt, daß die bei der

Arbeit entstehende Sprödigkeit, der Beschaffenheit des Materials gemäß, weggeschafft wird.

Das graue Roheisen ist nur in einem geringen Grade, und das weiße ist so wenig dehnbar, daß diese Eigenschaft wenigstens nicht in einem in die Sinne fallenden Grade bemerkbar wird.

Rinmann a. a. O. I. 636. u. f.

§. 68.

Eben so fehlt es auch an hinreichend belehrenden vergleichenden Versuchen über die rückwirkende Festigkeit der verschiedenen Eisenarten, in so fern sie sich durch die Geschmeidigkeit äußert. Das weiche feste Eisen steht zwar im Rufe der grösseren Geschmeidigkeit, als das harte feste Eisen; allein weil das härtere Eisen früher eine gewisse Sprödigkeit erhält, als das weichere Eisen, so muß das Ausglühen oder Anlassen bei dem härteren Eisen öfter als bei dem weichen wiederholt werden, welches aber aus anderen, später vorzutragenden Gründen seine Schwierigkeiten hat. Soll das Eisen daher stark ausgedehnt werden; so ist man genöthigt, das weichste feste Eisen zu nehmen, um zu häufiges Glühen zu vermeiden, ohne daß das härtere Eisen an sich weniger dehnbar, als das weiche, genannt werden könnte.

Das weiche graue Roheisen besitzt einige, obgleich nicht sehr bedeutende Dehnbarkeit; das weiße Roheisen ist ganz undehnbar. Von der Dehnbarkeit des grauen Roheisens in der gewöhnlichen Temperatur überzeugt man sich sehr bald durch das Ausbreiten desselben unter dem Hammer auf einem Amboß, welches bei dem weißen Roheisen nicht statthaft ist. Aber auch im flüssigen Zustande läßt sich das graue Roheisen unter den Walzen zu einem zusammenhängenden Bande auswalzen, welches bei dem flüssigen weißen Roheisen nicht gelingt.

Von der Eigenschaft der Dehnbarkeit des Stahls und des

Stabeisens, ist die Anfertigung der Stahlplatten und der Eisenbleche, oder die Blechfabrikation abhängig.

Magnetisches Verhalten des Eisens.

§. 69.

Sehr lange hat man das Eisen für das einzige magnetische und des Magnetismus fähige Metall gehalten, bis man in späterer Zeit auch den Magnetismus des Nickels kennen lernte, und die Erfahrung machte, daß alle Metalle, unter gewissen Verhältnissen, des Magnetismus fähig sind. Weil indeß alle übrigen bis jetzt bekannten und genauer untersuchten Mineralkörper, wenn sie nicht in einen besonderen Zustand gesetzt werden, nicht magnetisch sind; so muß man sie für Leiter des Magnetismus, oder für Körper halten, bei denen die magnetischen Pole nicht mit Bestimmtheit hervortreten können. Die eigentliche Wirkung des Magnetismus, oder des magnetischen Körpers besteht darin, Polarität zu zeigen; daher müßte jeder Körper, welcher auf die Magnetnadel wirkt, auch das Eisen anziehen, indem das Angezogenwerden des Eisens durch den Magnet nur eine Folge der Vertheilung des magnetischen Verhaltens des Eisens ist. Das Eisen wird nämlich in dem Augenblick, als es vom Magnet angezogen wird, selbst zum Magnet, oder es werden in ihm die magnetischen Pole entwickelt, von denen der eine durch den ihm entgegengesetzten Pol des Magnets angezogen wird. Weil es aber Körper giebt, die Polarität äußern und das Eisen doch nicht anziehen; so kann der Grund dieser Erscheinung kein anderer seyn, als daß die Pole nicht stark genug hervortreten, um die entgegengesetzten in dem ihnen dargebotenen Eisen zu entwickeln, weshalb sie auch nur auf die schon entwickelten Pole des Eisens, nämlich auf die Magnetnadel, eine Wirksamkeit äußern können. Magnetische Eisensteine hingegen, die das Eisen anziehen, und welche vom Magnet selbst angezogen werden, müssen immer Polarität äußern; und wenn dies nicht geschieht,

so ist nur die Schwierigkeit daran schuld, sie in eine solche Lage zu versetzen, in welcher diese Polaritätsäußerung hervortreten kann.

§. 70.

Hr. Oerstedt machte im Jahr 1820 die merkwürdige Entdeckung, daß auch in den galvanischen Ketten ein festes Verhältniß zwischen der elektrischen und der magnetischen Polarisation bestehe. Dadurch hat man den Magnetismus in einer neuen, vorher ganz unbekannten Form kennen gelernt und es hat sich dadurch vollkommen bestätigt, daß das Eisen, Nickel (und Kobalt?) nur deshalb zu Magneten werden, weil sie durch Vertheilung einen sehr hohen Grad von Magnetismus annehmen und lange behalten; daß aber in sehr vielen Körpern, namentlich in allen Metallen, ein beträchtlicher Grad von Magnetismus erregt werden kann, wenn ihre elektrische Thätigkeit rege gemacht wird. Die ausführlichen und sehr gründlichen Untersuchungen des Hrn. Seebeck haben gelehrt, daß der Nordpol der geschlossenen einfachen galvanischen Kette nach Norden, und der Südpol nach Süden gerichtet ist, wenn die drei Glieder der galvanischen Kette unten liegend, das positiv elektrische Metall sich in Osten, und das negativ elektrische Metall sich in Westen befindet.

Seebeck, über den Magnetismus der galvanischen Kette. Abhandl. d. Berliner Akad. d. Wissenschaften für 1820 u. 1821. Physik. Classe S. 288—346.

§. 71.

Auf einem ganz einfachen Wege hat Hr. Arago gezeigt, daß in allen Metallen durch Vertheilung Magnetismus erregt werde, indem nicht blos die Metalle, sondern auch mehre andre Körper, auf die Schwingungen einer über ihnen befindlichen Magnetnadel eine hemmende Wirkung ausüben. Körper, welche durch Vertheilung keinen, oder keinen bedeutenden Grad von Magnetismus annehmen, müssen die Schwingungsweiten der

Magnetnadel weniger vermindern, als diejenigen, welche durch Vertheilung stärker magnetisch werden. — Hr. Seebeck hat außerdem dargethan, daß auch die Größe der Metallmasse unter der schwingenden Magnetnadel bis zu einer gewissen Gränze einen Einfluß zeigt, daß aber die hemmende Wirkung nicht ins Unbestimmte mit der Größe der Metallmasse wächst, sondern bald eine Gränze erreicht. Hrn. Seebeck's Versuche zeigen ferner, daß die Wirkung der Metalle auf die Magnetnadel in geradem Verhältniß zu dem Abstand der Nadel von der Metallplatte steht, und daß sich die Wirkung nicht ändert, wenn sich in dem Zwischenraum Luft, Holz, Glas oder Pappe befindet. Auch die Erwärmung der Metallplatten schien keinen bedeutenden Einfluß zu haben. Das Vermögen der Metalle, die Schwingungen einer über ihnen aufgehängten Magnetnadel zu vermindern, steht daher unbezweifelt im geraden Verhältniß mit ihrer Fähigkeit, durch Vertheilung magnetisch zu werden. Die Versuche des Hrn. Seebeck ergeben folgende Reihe:

Ueber einer Marmorplatte macht d. Magnetnadel			116 Schwingungen
— Quecksilber	2''' dick	. . . . .	112 —
— Wismuth	2''' —	. . . . .	106 —
— Platina	0,4''' —	. . . . .	94 —
— Antimon	2''' —	. . . . .	90 —
— Blei	0,75''' —	. . . . .	89 —
— Gold	0,5''' —	. . . . .	89 —
— Zink	0,5''' —	. . . . .	71 —
— Zinn	1''' —	. . . . .	68 —
— Messing	2''' —	. . . . .	62 —
— Kupfer	0,3''' —	. . . . .	62 —
— Silber	0,3''' —	. . . . .	55 —
— Eisen	0,4''' —	. . . . .	6 —

Platina und Gold, bemerkt Hr. Seebeck, werden, wenn zugleich die Dicke der Metallplatten berücksichtigt wird, in der Reihe wohl tiefer zu stehen kommen. — Alle Körper werden

daher durch Magnete wirklich magnetisch, so wie sie im Lichte leuchtend werden, nur daß es für beide Zustände, den leuchtenden wie den magnetischen, unzählige Abstufungen giebt.

Arago; in Poggendorff's Annalen B. 79. S. 343. — Seebeck; Ebendas. B. 83. S. 203.

§. 72.

Hr. Seebeck hat ferner die sehr wichtige Entdeckung gemacht, daß alle Metalle, wenn sie zu zwei mit einander verbunden werden, bei eintretender Temperatur-Differenz der Berührungs-Punkte, zu Magneten werden; einige schon bei niedriger Temperatur-Veränderung, andere erst nach einer stärken Erhitzung oder Erkältung. Aber auch selbst Metalle, welche für homogen gehalten werden müssen, sind durch bloße Temperatur-Differenz eben so wohl einer magnetischen Polarisation fähig, als zwei kreisförmig mit einander verbundene heterogene Metalle.

Es ergiebt sich aus den, mit großer Sorgfalt und mit eigenthümlicher Beharrlichkeit angestellten vielen Versuchen des Hrn. Seebeck, daß die Metalle, geordnet nach ihrer Wirkung auf die Declinationsnadel, also auch nach ihrer Lage gegen die in ihnen durch Temperatur-Differenz erzeugten magnetischen Pole, eine eigenthümliche magnetische Reihe bilden, welche mit keiner der bekannten, aus anderen Eigenschaften der Metalle, (chemisches Verhalten, elektrisches Verhalten, specifisches Gewicht, Härte, Festigkeit u. s. f.) abgeleiteten Reihe übereinstimmt.

Hr. Seebeck hat bereits die äußerst mühsame Arbeit vollständig durchgeführt, die Metalle zu ordnen, wie sie in dieser magnetischen Reihe zu stehen kommen. Die Folgeordnung ist so gewählt, daß jedes Metall der magnetischen Reihe, wenn es mit dem nächst folgenden Metall in Berührung gebracht und in dem Berührungspunkt erwärmt wird, eine westliche Declination der Magnetnadel, und wenn ein gleiches Verfahren mit dem in der Reihe über ihm stehenden Metalle angewendet wird, eine

östliche Declination derselben bewirkt. Als die äußersten Glieder dieser Reihe hat Hr. Seebeck als das höchste, oder als das östlichste, das Wismuth, und als das tiefste, oder als das westlichste, das Tellur gefunden. Außer den einfachen Metallen ist aber auch mehren Erzen und verschiedenen Legirungen bereits ihre Stelle in dieser magnetischen Reihe angewiesen worden.

Die dehn- und streckbaren Metalle zeigen, in der Erregung des Magnetismus durch Temperatur-Differenz, ziemlich ein gleiches Verhalten, sie mögen in dem Zustande, wie sie aus dem Gußkommen, unmittelbar angewendet, oder vorher durch Hämmern und Walzen zu einem dichteren Gefüge gebracht worden seyn. Nicht so verhalten sich diejenigen metallischen Körper, welche durch verschiedene Art der Abkühlung, durch langsame oder plötzliche Erstarrung, in entgegengesetzte Zustände von Sprödigkeit und Dehnbarkeit übergehen. — Stahl, welcher glühend in kaltem Wasser abgelöscht worden, nimmt jedesmal eine höhere Stelle in der magnetischen Reihe ein, als der langsam in der Luft abgekühlte. Weiches, graues Roheisen, auf dieselbe Art behandelt, zeigte Hrn. Seebeck ein gleiches Verhalten. Beide Körper ließen sich, durch die entgegengesetzte Art der Abkühlung, mehre Male nach einander, bald in die höhere, bald in die tiefere Stelle der Reihe versetzen. Stabeisen zeigte, bei gleicher Behandlung, gar keine Veränderung in seinem chemischen Verhalten.

Alles weiße Roheisen und wahrscheinlich auch aller gehärtete Stahl, scheinen, nach Hrn. Seebeck's Untersuchungen, um so höher in der Reihe zu stehen, je mehr Kohle sie enthalten, folglich um so tiefer, je mehr der Kohlegehalt abgenommen hat. Das weiche Stabeisen steht unter allen Eisenarten am tiefsten.

Das Verhalten des grauen Roheisens und des nicht gehärteten Stahls, oder die Stelle, welche diese Körper nach Maaßgabe ihres größeren oder geringeren Kohlegehaltes, in der magnetischen Reihe einnehmen, scheint noch nicht mit Zuver-

lässigkeit bestimmt werden zu können. Es werden dazu noch mehre Versuche erforderlich seyn. Aus einigen Versuchen scheint es Hrn. Seebeck nicht ganz unwahrscheinlich, daß das graue Roheisen (und der nicht gehärtete, ausgeglühete Stahl) um so höher in der Reihe zu stehen kommen werden, je weniger Kohle sie enthalten, folglich um so tiefer, je mehr der Kohlegehalt zunimmt. Dieses Verhalten würde also dem des weißen Roheisens und des gehärteten Stahls ganz entgegengesetzt seyn. — Bei dem Wootz (einer Stahlart aus Ostindien, die viel Kohle enthält) hat Hr. Seebeck gefunden, daß derselbe eine noch tiefere Stelle einnimmt, als das Stabeisen.

Die von Hrn. Seebeck ausgemittelte magnetische Metallreihe ist folgende. Die in Klammern eingeschlossenen Körper nehmen mit dem Metall, bei welchem sie stehen, eine fast ganz gleiche Stelle ein. Viele von diesen Körpern, deren Stelle Hr. Seebeck bestimmt hat, sind hier nicht mit aufgeführt. Von allen metallhaltigen Körpern ist Bleiglanz bis jetzt der einzige, welchen Hr. Seebeck über Wismuth stehend gefunden hat.

Oestliche Declination.

Wismuth (Gediegen. Wismuth von Schneeberg ebenfalls. Schwefelkies. Arsenikkies. Weißer und grauer Speißkobalt. Magneteisenstein).

Nickel (Eisenglanz. Meteoreisen von sehr vielen Punkten. Kobalt — Nickelglanz. Kupferkies. Nickel — Antimon. Im Flammofen weiß gemachtes Roheisen von Geislautern, welches viel Silicium enthält).

Kobalt.

Palladium.

Platina Nr. 1. (reine) (Natürliches Platin aus Brasilien. Kupfernickel. Durch Ablöschen schnell abgekühltes graues Roheisen).

Uran.

Kupfer Nr. 0. (rein) (Roheisen, welches 2 bis 3 Prozent Zink enthält).

Mangan.

Titan.

Messing Nr. 1. (Geglühetes und langsam abgekühltes graues Roheisen).

Gold Nr. 1. (Strahliges Grau Braunsteinerz. Zinngraupen).

Kupfer Nr. 1. (Glockengut, aus 100 Kupfer und 20 Zinn. Friedrichsd'or).

Messing Nr. 2. (Spiegeleisen. Die Bruchflächen von halbirtem Roheisen).

Platina Nr. 2.

Quecksilber.

Blei.

Zinn (Gediegen Eisen von Groß Kammsdorf. Gediegen Gold. Gediegen Silber).

Platina Nr. 3. (Friedrichsd'or. Durch Ablöschen schnell abgekühlter Stahl).

Chrom.

Molybdän.

Kupfer Nr. 2. (Gediegen Gold. Preußische Thaler und Probestangen von 2 bis 11 löthigem Silber).

Rhodium.

Iridium.

Gold Nr. 2. (Probestangen von 12 bis 16 löthigem Silber).

Silber (Gediegen Silber aus Peru. D'Arcets leichtflüssige Metallmischung aus gleichen Theilen Wismuth und Zinn).

Zink (Graphit von Borrowdale. Die obere Fläche von Spiegeleisen und von einem halbirten Roheisen. Luckige Flossen. Geglüheter und langsam abgekühlter Stahl).

Kupfer Nr. 3. (Gediegen Kupfer aus Sibirien, Cornwall und Sachsen).

Wolfram.

Platina Nr. 4. (Gediegen Platin von St. Fé. Gediegen Eisen von New-Jersey).

Kadmium.

Stahl (Aachner gediegen Eisen. Rohstahl aus Steyermark und derselbe nach dreimaligem Raffiniren. Englischer Gußstahl. Cementstahl).

Eisen (Meteoreisen von Collina de Brianza. Unechtes gediegen Eisen Gr. Kammsdorf. Gediegen Eisen von Sayn-Altenkirchen. Magnetkies. Wootz. Wootz mit 1 Proc. Platina. Wootz mit 1 Proc. Rhodium).

Arsenik (Scherbenkobalt).

Antimon (Antimon von Allemont. Kupferglanz. Bunt Kupfererz).

Tellur (Gediegen Tellur).

Westliche Declination.

Ueber die magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz. Von Seebeck. In der Abhandl. der Berl. Akad. der Wissensch. für 1822 und 1823. Physik. Classe. S. 265.

§. 73.

Obgleich dem Eisen die magnetische Eigenschaft durch Annäherung oder durch Bestreichen mit einem schon gebildeten Magnet (vergleichen der natürliche Magnet, oder der Magnet-Eisenstein ist) schneller mitgetheilt werden kann; so ist dasselbe doch auch ohne diese Mittheilung im Stande, magnetisch zu werden. Eine Mittheilung findet nämlich gar nicht statt, sondern nur eine Vertheilung der magnetischen Pole, welche langsamer erfolgt, wenn das Eisen sich selbst überlassen bleibt, als wenn sie durch die entgegengesetzten Pole eines schon vorhandenen Magnets hervorgerufen wird. Selbst der natürliche Magnet

scheint in seiner Lagerstätte im Tiefsten der Erde noch nicht magnetisch zu seyn, sondern diese Eigenschaft erst näher am Tage zu erhalten. (?) Wenn das Eisen die magnetischen Pole durch sich selbst entwickeln soll, so muß es in die gehörige Lage gebracht und einige Zeit ruhig darin erhalten werden. Alles Eisen, welches einige Zeit in senkrechter Richtung aufgestellt bleibt, wird magnetisch. Nach Torelli de Narci soll sich der Magnetismus des Eisens schon dann zu äußern anfangen, wenn es in einem Winkel von wenigstens 20 Graden mit der Horizontale aufgestellt wird; unter einem Winkel von 70 bis 80 Graden zeigt sich nach ihm das Maximum der Wirkung, welche sich durch einen noch größeren Winkel bis zu 90 Graden, oder bis zur völlig senkrechten Stellung, nicht mehr bedeutend zu vergrößern scheint. Es ist indeß wahrscheinlich, daß der Winkel, unter welchem sich das Maximum der Wirkung äußert, von der geographischen Breite eines jeden Orts abhängt. — Starkes Hämmern, Schleifen, Biegen, überhaupt starke Reibung und elektrische Schläge, befördern das Hervortreten der magnetischen Pole.

Torelli de Narci im Journal des mines, Nr. 77. p. 355 bis 362.

§. 74.

Das magnetische Verhalten der verschiedenen Eisenarten ist nicht ganz gleich. Stabeisen wird schneller magnetisch, auch stärker vom Magnet angezogen, als Stahl, verliert aber die magnetischen Eigenschaften schneller als dieser, weshalb man sich zur Anfertigung der Kompaßnadeln des Stahls bedienen muß. Zwischen gehärtetem und ungehärtetem Stahl scheint der Unterschied statt zu finden, daß der erstere die magnetische Eigenschaft noch länger behält, obgleich er nicht so stark von der Magnetnadel angezogen wird, als der ungehärtete Stahl. Das graue Roheisen wird schneller magnetisch und auch stärker vom

Magnet angezogen, als das weiße; indeß steht alles Roheisen dem Stabeisen und Stahl in den magnetischen Wirkungen nach.

Torelli de Narci will Stabeisen und Stahl blos durch das Verhalten zur Magnetnadel unterscheiden können. Die eisernen Stäbe erhalten nämlich, wenn sie mit dem Horizont einen Winkel machen oder aufwärts gestellt sind und nicht liegen, Polarität, welche durch das Liegen in horizontaler Richtung wieder vernichtet wird. Stäbe aus Stabeisen zeigten diese Polarität sogleich, verloren sie aber augenblicklich, als man sie in horizontaler Richtung gegen die Magnetnadel hielt. Die Stahlstäbe hingegen erhielten diese Polarität nicht so bald, sondern die Magnetnadel ward oben und unten gleich stark angezogen; wenn sie aber endlich durch langes Stehen Polarität bekommen hatten, so äußerten sie dieselbe auch dann noch deutlich und ungeschwächt, wenn man sie in horizontaler Richtung der Nadel näherte.

§. 75.

Die Versuche des Hrn. Barlow in Woolwich geben das interessante und sehr merkwürdige Resultat, daß die magnetische Kraft des Eisens und Stahls für verschiedene Gattungen desselben verschieden ist und daß sie im Allgemeinen mit der Härte abnimmt. — Aus verschiedenen Vresuchen, die Hr. Baumgartner (dessen Zeitschrift f. Physik. III. 66.) angestellt hat, ergiebt sich noch genauer, daß die Ungleichartigkeit in der Masse eines künstlichen Magneten ein bedeutendes Hinderniß ist, um magnetische Polarität anzunehmen. Bei Stahlstäben bewirkt eine ungleiche Härtung eines sonst gleichartigen Stahls, oder ein in der Masse ungleich vertheilter Kohlegehalt, dieselbe Verminderung in der Capacität für die magnetische Polarität, jedoch mit dem Unterschiede, daß im ersten Fall das Hinderniß durch Ertheilung eines gleichen Härtegrades zu beseitigen ist, während im zweiten Fall der Fehler unverbesserlich bleibt. Ganz dasselbe gilt auch hinsichtlich der Capacität von weichem Eisen für die Polarität

der Magnetnadel unter dem Einfluß von elektrischen Strömen. Ein reines und vollkommen gleichartiges Eisen nimmt eine vielfach größere Polarität an, als solches, welches reine Eisenfasern mit stahlartigen gemengt, enthält.

Eine Erhöhung der Temperatur vermindert die magnetische Kraft des Eisens. Im weißglühenden Zustande verliert es alle magnetische Kraft; rothglühend äußert diejenige Gattung auf die Magnetnadel die stärkste Wirkung, welche kalt am wenigsten wirkte, und umgekehrt.

Barlow, in den Philos. Transact: und in den Ann. de Chimie et de Physique XX. 107. 427.

§. 76.

Der Magnetismus des Eisens wird zerstört durch Glühen, durch Verwandlung des Eisens in Feilspan, durch zu lange anhaltende Berührung gleich starker, gleichnamiger Pole, durch starke Erschütterung und öfteres Fallen auf hartem Boden, so wie endlich durch die Verbindung mit vielen Substanzen, welche, in geringerem Verhältniß mit dem Eisen verbunden, die magnetische Wirkung desselben nur mehr oder weniger schwächen.

Sauerstoff, Schwefel, Phosphor und Kohle schwächen den Magnetismus sehr wenig, wenn sie nur in geringen Quantitäten mit dem Eisen verbunden sind; in größeren Verhältnissen können sie ihn aber gänzlich zerstören, wenigstens die drei zuerst genannten Körper; denn mit der Kohle ist noch keine Verbindung bekannt, welche vom Magnet nicht mehr gezogen würde.

Mit den mehrsten Metallen läßt sich das Eisen in ziemlich großen Verhältnissen verbinden, ohne daß die Eigenschaft desselben, vom Magnet angezogen zu werden, verloren ginge. Das Arsenik scheint am nachtheiligsten auf den Magnetismus zu wirken, und dennoch wird eine Mischung aus 2 Theilen Arsenik und 1 Theil Eisen noch vom Magnet gezogen. Eine Verbindung von 4 Antimon mit 1 Eisen hat allen Magnetismus verloren. Nach Hrn. Rushet soll sogar eine Verbindung

von 78,6 Eisen mit 21,4 Mangan nicht mehr auf den Magnet wirken.

Anfertigung der künstlichen Magnete und der Kompaßnadeln. Anwendung des Magnets zur Auffindung des Eisens in Verbindungen.

Rinman a. a. O. I. S. 154—215. — Seebeck, in Poggendorff's Annalen. B. 93. S. 213. — Mushet, im Archiv für Bergbau B. I. Heft 2. S. 118.

Elektrisches Verhalten des Eisens.

§. 77.

Das Eisen ist, wie jedes andere Metall, eine Leiter für die Electricität, wodurch es zu der Anwendung zu Blitzableitern oder zu Gewitterableitern fähig, und wegen seiner Wohlfeilheit auch beständig dazu angewendet wird. In specieller Rücksicht auf sein elektrisches Verhalten ist das Eisen zu den elektrisch-negativen Metallen zu zählen, weil es nicht fähig ist, selbst zur Säure zu werden. In der Voltaischen Säule gehört es zu den positivsten Metallen, und scheint nach dem Zink die erste Stelle in der Metallreihe einzunehmen.

Das elektrische Leitungsvermögen ist für die verschiedenen Eisenarten nicht gleich. Das weiche Stabeisen leitet besser als das harte, deshalb auch der weiche Stahl besser als der gehärtete, und das graue Roheisen besser als das weiße. Wahrscheinlich wird auch das graue Roheisen ein besserer Electricitätsleiter seyn als der harte Stahl.

In der Stärke des Leitungsvermögens für die Electricität steht das Eisen den mehrsten Metallen nach, indeß sind die Angaben der Physiker nicht ganz übereinstimmend. Bei den hier folgenden Angaben der Hrn. Harris, Becquerel (Poggendorff's Ann. XII. 279.) und Lenz (Ebendas. XLV. 105.) ist das Leitungsvermögen des Kupfers = 100 gesetzt, wodurch

sich also das relative Leitungsvermögen der Metalle leicht vergleichen und übersehen läßt.

	Leitungsvermögen der Metalle, nach:		
	Harris.	Becquerel.	Lenz.
Kupfer	100	100	100
Gold	66,6	93,6	79,79
Silber	100	73,6	136,25
Zink	33,3	28,5	—
Zinn	16,6	15,5	30,84
Platin	20	16,4	14,16
Eisen	20	15,8	17,74
Blei	8,3	8,3	14,62
Quecksilber	—	3,45	—
Kalium	—	1,33	—

Die größten Abweichungen zeigen sich bei dem Silber, demnächst bei Gold und Zinn. Nächst dem Quecksilber und dem Blei, — nach den Versuchen von Lenz aber auch nächst dem Platin, — besitzt das Eisen das schwächste Vermögen, die Electricität zu leiten. Die Zahlenangaben des Hrn. Lenz sind bei einer Temperatur von 0° Cels. ermittelt. Hr. Lenz hat aber durch vielfache Versuche dargethan, daß das elektrische Leitungsvermögen aller Metalle durch die Temperaturerhöhung bedeutend vermindert wird. Es mögen hier die Auszüge aus seinen Beobachtungen für 0°, 100° und 200° Cels. Temperatur folgen:

	Leitungsvermögen der Metalle bei:		
	0°	100°	200°
Kupfer	100	73,00	54,82
Silber	136,25	94,45	68,72
Gold	79,79	65,20	54,49
Zinn	30,84	20,44	14,78
Messing	29,33	24,78	21,45
Eisen	17,74	10,87	7,00
Blei	14,62	9,61	6,76
Platin	14,16	10,93	9,02

Die Abnahme des Leitungs-Vermögens der Metalle für Electricität, bei Erhöhung der Temperatur, ist also für die verschiedenen Metalle verschieden und scheint mit ihrer Schmelzbarkeit so wenig als mit der Wärmeleitungsfähigkeit im Verhältniß zu stehen.

Verhalten des Eisens in höheren Temperaturen.

§. 78.

Jeder Körper giebt unaufhörlich Wärme ab und empfängt unaufhörlich Wärme, weil das Streben der Wärme dahin gerichtet ist, alle Körper hinsichtlich der Wärmequantitäten, welche sie aufnehmen, im Gleichgewicht zu erhalten, oder sie auf einerlei Temperatur zurückzuführen. Die Temperaturen kann man durch Instrumente messen und dadurch zu der Ueberzeugung gelangen, daß der Wärmeaustausch unter den zunächst einander umgebenden Körpern so lange fortdauert, bis sie eine ganz gleiche Temperatur angenommen haben. Aus der Gleichheit der Temperatur, welche die Wärmemesser anzeigen, geht jedoch nichts weiter hervor, als die Thatsache, daß die zunächst einander umgebenden Körper zu einer gleichen Temperatur gelangt sind; es ergiebt

sich daraus aber nicht, welche Quantitäten Wärme für jeden Körper von verschiedenartiger Natur erforderlich gewesen sind, um in jedem Körper die gleiche Temperatur hervorzubringen. Bekanntlich müssen die Körper, nach ihrer eigenthümlichen Natur und Beschaffenheit, sehr verschiedene Quantitäten Wärme aufnehmen, um zu einerlei Temperatur zu gelangen. Wenn es nun auch nicht möglich ist, die absolute Quantität Wärme anzugeben, welche ein Körper bei einer gewissen Temperatur enthält, so läßt sich doch eine Vergleichung der Wärmemengen zwischen je zwei Körpern verschiedener Natur dadurch anstellen, daß man die Verhältnisse ermittelt, in welchen gleiche Quantitäten von zwei verschiedenen Körpern von verschiedener Temperatur ihre Wärmemengen unter einander austauschen müssen, um zu einerlei Temperatur zu gelangen. Man legt dabei immer die Menge Wärme, welche das Wasser bedarf, um irgend eine bestimmte Temperatur anzunehmen, als Einheit zum Grunde, weil die Erfahrung ergeben hat, daß das Wasser derjenige Körper ist, welcher unter allen bekannten Körpern die größten Wärmemengen erfordert, um zu einer gewissen Temperatur zu gelangen. Die Wärmeverhältnisse, welche sich durch eine solche Vergleichung ergeben und welche der eigenthümlichen Natur eines jeden Körpers wesentlich angehören, hat man die Wärmecapacität der Körper genannt. Es läßt sich die Capacität der Körper für Wärme entweder bei gleichen Gewichten, oder bei gleichen Räumen der Körper bestimmen; im ersten Fall nennt man sie die specifische Wärme, im zweiten Fall die relative Wärme der Körper. Es ist klar, daß sich die relative Wärme aus der specifischen, und diese aus jener leicht berechnen läßt, wenn das specifische Gewicht der Körper, das des Wassers = 1 genommen, bekannt ist. Bei allen Bestimmungen der specifischen Wärme der Körper geht man von derjenigen Wärmemenge, welche eine Gewichtseinheit Wasser um einen Grad des Thermometers erwärmt, oder die Temperatur einer Gewichtseinheit Wasser um

einen Grad erhöhet, als Einheit aus, und vergleicht mit dieser Einheit die Menge Wärme, welche eine Gewichtseinheit eines anderen Körpers erfordert, um dieselbe ebenfalls um einen Grad in seiner Temperatur zu erhöhen.

Das Verfahren, die Wärme-Capacität der Körper durch Mengung verschiedenartiger Substanzen von ungleicher Temperatur zu bestimmen, hat man die Methode der Mischungen genannt. Sie giebt, unter Beobachtung der als bekannt vorauszusetzenden Vorsichtsmaaßregeln, sehr genaue Resultate; allein diese Vorsichtsmaaßregeln sind, besonders wegen des chemischen Einflusses, den die Körper auf einander ausüben, nicht immer mit aller Sorgfalt durchzuführen. Deshalb wendet man auch eine andere Methode zur Bestimmung der Wärme-Capacität an, welche darin besteht, daß die Quantität Eis ermittelt wird, welche durch den bis zu einer bestimmten Temperatur erwärmten Körper geschmolzen wird. Dies Verfahren ist jedoch wenig zuverlässig. Die einfachste und genaueste Methode scheint diejenige zu seyn, bei welcher man erhitzte Körper, unter möglichst gleichen Umständen um eine gleiche Anzahl Grade des Thermometers erkalten läßt und aus der Zeit des Erkaltens die Quantität Wärme berechnet, welche die verschiedenen Körper abgeben.

§. 79.

Hinsichtlich des Verhaltens zur Wärme muß daher jeder Körper nothwendig in zweifacher Hinsicht betrachtet werden, einmal als Empfänger der Wärme von andern ihn umgebenden Körpern, die eine höhere Temperatur besitzen, als er; sodann als Quelle der Wärme, die von ihm ununterbrochen an die ihn umgebenden Körper von geringerer Temperatur ausstrahlt. Man wird daher für die strahlende Wärme, welche jeder Körper empfängt und aussendet, zu unterscheiden haben:

1. Das Wärme-Strahlungs- oder Emissions-Vermögen des Körpers.
2. Das Absorbtions-Vermögen.

3. Das Zurückwerfungs- oder Reflections-Vermögen.

4. Das Durchlassungs- oder Transmissions-Vermögen.

Jedem Körper, in so fern man sich denselben als eine Wärmequelle vorzustellen hat, kommt ein eigenthümliches Wärmestrahlungs-Vermögen zu, welches im Allgemeinen mit seiner Temperatur im Verhältniß steht und dergestalt von derselben abhängig ist, daß es wächst, wenn die Temperatur größer wird. Man ist lange der Meinung gewesen, daß das Strahlungsvermögen nicht blos von der eigenthümlichen Natur des Körpers, sondern auch von der Beschaffenheit seiner Oberfläche — ob dieselbe gestreift, gefurcht, glatt, polirt u. s. f. ist, — abhänge. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß die letzte Annahme unrichtig ist, und daß durch die Veränderungen, welche mit der Oberfläche der Körper vorgenommen werden, das Wärmestrahlungs-Vermögen zwar wirklich verändert wird, daß aber der Grund dieser Verschiedenheit nur in der durch die mechanische Bearbeitung veränderten Natur des Körpers (geringere oder größere Dichtigkeit, die durch das bloße Ritzen der Körper schon verändert wird) gefunden werden muß. Die ersten gründlichen Versuche über das Wärmestrahlungs-Vermögen, welche Leslie angestellt hat, sind durch die neueren Untersuchungen bestätigt worden. Es ergiebt sich daraus, daß die Metalle zu denjenigen Körpern gehören, welche das geringste Strahlungsvermögen besitzen und daß Ruß und Wasser alle Körper an Strahlungsvermögen übertreffen. Die Folgeordnung des Strahlungsvermögens würde etwa diese seyn, für:

Ruß	100
Wasser	100
Schreibpapier . .	98
Crownglas	90
Chinesische Tusche .	88
Eis	85
Quecksilber	20

Glänzendes Blei . .	19
Polirtes Eisen . .	15
Zinn	12
Silber	12
Kupfer	12
Gold	12

Betrachtet man die Körper als Empfänger der strahlenden Wärme von irgend einer Wärmequelle, so ist zuerst die Fähigkeit derselben zu berücksichtigen, die auf ihre Oberfläche fallenden Wärmestrahlen zu absorbiren.

Das Absorbtions-Vermögen der Körper für Wärme steht, nach den darüber angestellten Untersuchungen, mit ihrem Strahlungsvermögen in geradem Verhältniß, so daß diejenigen Körper am mehrsten Wärme absorbiren, welche die Wärme am stärksten auszustrahlen vermögen. Die eben angegebene Folgeordnung der Körper für das ausstrahlende, gilt also auch für das absorbirende Vermögen derselben.

Wenn ein Körper die von einer Wärmequelle ausgehenden Wärmestrahlen absorbirt, so wird er durch dieselben nur in so fern erwärmt, oder in eine höhere Temperatur versetzt, als er sie bleibend in sich aufnimmt. Ein Theil der Wärmestrahlen, welche an die Oberfläche des Körpers gelangen, wird aber nicht absorbirt, sondern von dem Körper reflectirt, und ein zweiter Theil von diesen Strahlen wird zwar aufgenommen, aber nicht bleibend (d. h. nicht bis zur völligen Herstellung gleicher Temperatur des Wärme empfangenden und des Wärme ausstrahlenden Körpers) absorbirt, sondern durch den Körper hindurch gelassen. Diese beiden Arten der Wärmestrahlen entgehen also dem Wärme empfangenden Körper in der Art, daß sie zu seiner Erwärmung oder zur Temperaturerhöhung nichts beitragen.

Das Reflections-Vermögen der Körper für Wärme verhält sich fast umgekehrt wie das Absorbtions-Vermögen, denn alle Wärmestrahlen, welche nicht bleibend oder vorübergehend

aufgenommen (absorbirt oder durchgelassen) werden, werden reflectirt. Die Metalle sind daher diejenigen Körper, welche das größte Reflections-Vermögen besitzen.

Das Transmissions-Vermögen der Körper für Wärme hängt zwar größtentheils auch von ihrer materiellen Beschaffenheit, zum Theil aber auch von der Dicke der Körper, von der Farbe, mit welcher man sie überzieht, und von der Art der Wärmequelle ab. Je höher die Temperatur der Wärmequelle, desto mehr Wärmestrahlen werden von einem und demselben Körper durchgelassen. Bei einer geringen Temperatur der Wärmequelle werden nur wenig Wärmestrahlen, und zuweilen gar keine durchgelassen. Steinsalz ist der einzige bis jetzt bekannte Körper, welcher immer gleich viel Wärme durchläßt, die Wärmequelle mag so stark oder so schwach seyn, wie sie wolle. Hat die Wärmequelle die Temperatur des siedenden Wassers, so lassen Kalkspath, Spiegelglas, Bergkrystall, Gips und Alaun, keinen Wärmestrahl durch sich hindurchgehen, obgleich sie in einer hohen Temperatur, welche durch die Oelflamme hervorgebracht wird, von 100 Wärmestrahlen noch 39, 39, 38, 14 und 9 Strahlen hindurch lassen. Je dicker ferner der Körper ist, desto mehr Strahlen absorbirt er bleibend und läßt um so weniger hindurch. Hinsichtlich der Färbung der Körper hat man ermittelt, daß tief violet 53, gelblichroth 53, purpurroth 51, hochroth 47, hellviolet 45, röthlich orange 44, hellblau 42, dunkelgelb 40, hochgelb 34, goldgelb 33, apfelgrün 26, mineralgrün 23, sehr dunkelblau 19 Strahlen von 100 von der Wärmequelle ausgehenden Strahlen bei einem und demselben Glase hindurch lassen. Das Steinsalz ist der diathermanste von allen Körpern. Die Durchdringbarkeit für Wärme kommt den Metallen fast gar nicht zu.

§. 80.

Von den Gesetzen, welche die strahlende Wärme befolgt, die nothwendig aus den Körpern ausströmt, oder welche ihnen

aus irgend einer Wärmequelle zugeführt wird, müssen die Gesetze unterschieden werden, denen die Wärme bei der Verbreitung oder Fortpflanzung im Innern der Körper selbst, unterworfen ist. Diese Gesetze zeigen keine Uebereinstimmung mit denjenigen, welche alle Körper bei ihrer chemischen Verbindung mit einander befolgen. Sehr klar und bestimmt tritt eine solche Gesetzmäßigkeit dagegen bei den Verhältnissen hervor, in welchen die Wärme sich mit den Körpern überhaupt vereinigt und zu der specifischen Wärme derselben Veranlassung giebt. Man kann sich daher die Temperatur-Ausgleichung, welche bei allen Körpern von verschiedenen Temperaturen, bei dem Zusammenmengen derselben, stattfindet, als einen chemischen Proceß vorstellen, bei welchem jeder Körper von der überhaupt vorhandenen Quantität Wärme in den zusammengebrachten Körpern so viel in sich aufnimmt, als seiner Natur, oder in diesem Fall, seiner chemischen Quantität entspricht. Die specifische Wärme der Körper muß daher nothwendig mit ihren chemischen Mischungsverhältnissen in Beziehung stehen, welches auch von verschiedenen Physikern schon sehr bestimmt nachgewiesen worden ist.

Die specifische Wärme der Metalle ist am genauesten durch Dulong und Petit untersucht worden. Wird die specifische Wärme des Wassers = 1 gesetzt, so findet sich die specifische Wärme der bekanntesten Metalle in folgender Art:

Nickel	0,1035
Antimon	0,0507
Gold	0,0298
Quecksilber	0,0330
Wismuth	0,0288
Blei	0,0293
Zinn	0,0514
Eisen	0,1100
Kupfer	0,0949
Zink	0,0927

Platin	0,0314
Silber	0,0557
Tellur	0,0912

Multiplicirt man die Zahlen, welche die specifische Wärme eines jeden Metalles ausdrücken, mit dem chemischen Mischungsgewicht, welches einem jeden Metall zukommt, so sind die Produkte dieser Multiplikation einander so gleich, als es bei den unmöglich zu vermeidenden kleinen Beobachtungsfehlern nur erwartet werden kann.

Eine vollständige Untersuchung über die specifische Wärme der Metalle und mehrer anderer Körper hat ganz neuerlich Hr. Regnault (Ann. de Chimie et de Phys. T. 73. p. 58.) vorgenommen. Die specifische Wärme ist, wie es die Hrn. Dulong und Petit ebenfalls gethan, nach der Methode der Erkaltung bestimmt worden. Hr. R. hat für die specifische Wärme der Metalle u. s. f. folgende Durchschnittswerthe aus mehrmals wiederholten Versuchen gefunden:

Eisen	0,11379
Zink	0,09555
Kupfer	0,09515
Kadmium	0,05669
Silber	0,05701
Arsenik.	0,08140
Blei	0,03140
Wismuth	0,03084
Antimon	0,05077
Malacca Zinn	0,05623
Englisches Zinn	0,05690
Nickel	0,10873
Kobalt	0,10696
Platin	0,03300
Platinblech	0,03243
Palladium	0,059[illegible]7

Gold	0,03244
Tellur	0,05155
Uran	0,06190
Wolfram	0,03636
Molybdän	0,07218
Quecksilber	0,03332
Kohle	0,24111
Schwefel	0,20259
Selen	0,08370
Jod	0,05412
Phosphor (von 10 bis 30°)	0,18800
Gußstahl	0,11848
Weißgemachtes Roheisen . .	0,12728
Weißes Roheisen	0,12983

Hr. R. findet überall etwas höhere Werthe wie die Hrn. Dulong und Petit, weil die letzteren die Körper, deren spec. Wärme zu bestimmen war, in siedendem Wasser erhitzt haben, wodurch wohl — beim Herausnehmen — ein kleiner Wärmeverlust statt gefunden und dadurch der Werth für die specifische Wärme etwas zu niedrig bestimmt worden seyn mag. Die spec. Wärme des Stahls ist nach diesen Bestimmungen größer als die des Stabeisens, und die des Roheisens größer als die des Stahls. Hr. R. findet auch die spec. Wärme für das Nickel und für das Kobalt um so größer, je mehr Kohle diese beiden Metalle aufgenommen haben.

§. 81.

Bekanntlich besteht die am mehrsten in die Augen fallende Wirkung der Temperaturerhöhung eines Körpers darin, daß sich sein räumlicher Inhalt vergrößert. Weil diese Volumenvermehrung eine Folge der Aufnahme einer größeren Quantität Wärme ist, als der Körper bei der früheren niedrigeren Temperatur besaß, und weil eine Volumen-Verminderung eintritt, wenn dem Körper auf irgend eine Weise Wärme entzogen oder seine Tempe-

ratur erniedrigt wird, so ist die Voraussetzung sehr natürlich, daß eine Veränderung des Volumens, welche der Körper nicht durch Wärmezuleitung oder durch Wärmeentziehung, sondern durch eine mechanische Gewalt erleidet, eine Veränderung in seinem Wärmegehalt hervorbringen muß. Wenn der Körper also in dem durch Gewalt dilatirten Zustande bleibend erhalten wird, so muß er nothwendig mehr Wärme aufnehmen, als er vorher besaß; er muß also, wie man sich auszudrücken pflegt, eine größere Wärmecapacität erhalten, als ihm bei dem ersten ursprünglichen Druck zukam, oder seine specifische Wärme muß größer werden. Wird der Körper in dem mit Gewalt comprimirten Zustande erhalten, so muß er nothwendig Wärme abgeben; er muß eine geringere Wärmecapacität erhalten oder eine geringere specifische Wärme besitzen, als ihm bei dem gewöhnlichen Druck zukam. Die Richtigkeit dieser Voraussetzung hat Hr. Weber (Pogg. Ann. XX. 208.) sehr schön für die Metalle erwiesen, indem er gezeigt hat, daß die Temperatur bei folgenden Metallen um 100 ° C steigt oder fällt, wenn

Eisen um $\frac{1}{18}$,

Kupfer um $\frac{1}{18}$,

Silber um $\frac{1}{16}$,

Platin um $\frac{1}{67}$

seines Volumens comprimirt oder dilatirt wird. Die specifische Wärme der Metalle (und der Körper überhaupt) bei constantem Volumen ist also verschieden von ihrer specifischen Wärme bei constantem Druck. Es ist hier nicht der Ort zur näheren Anwendung dieses wichtigen Resultates auf die chemischen Verbindungen der Körper überhaupt; denn die Veränderungen in der Wärmecapacität der Körper bei der Anwendung wenig bedeutender comprimirender und dilatirender Kräfte, läßt sehr wohl die Schlußfolge zu, daß sich auch bei allen chemischen Verbindungen die Verbindungs-Verhältnisse ändern können, wenn die

Volumina der Körper, durch äußere Kraft, ansehnlich vergrößert oder vermindert werden könnten.

§. 82.

In den festen Körpern pflanzt sich die Wärme, welche einem Theil derselben aus irgend einer Quelle zugeführt wird, in der Art fort, daß der Körpertheil, welcher durch Wärmeabsorbtion zu einer höheren Temperatur gelangt ist, dem zunächst angränzenden Körpertheilchen etwas von seiner Wärme abgiebt, dieses Theilchen wieder etwas von seinem Ueberschuß an das nächst folgende Theilchen überläßt u. s. f., bis der ganze Körper eine Temperaturerhöhung erfährt, die von der Wärmequelle an einem seiner Enden hervorgebracht wird. Dies Vermögen des Körpers, die ihm an einer Stelle zugeführte Wärme in seinem ganzen räumlichen Umfange zu verbreiten, nennt man die Leitungsfähigkeit des Körpers für die Wärme. Man unterscheidet gute und schlechte Wärmeleiter, obgleich die Gränze zwischen beiden Classen von Körpern nicht zu finden ist. Im Allgemeinen wird die Leitungsfähigkeit eines Körpers für die Wärme um so größer seyn, je geringer sein Absorbtionsvermögen ist. Mit der Capacität der Körper für Wärme, oder mit der specifischen Wärme, steht ihre Leitungsfähigkeit nicht in einem erkennbaren Zusammenhange.

Man hat über die Leitungsfähigkeit der festen Körper für Wärme vielfache Versuche angestellt. Es mögen hier die Resultate der von Hrn. Despretz angestellten Versuche folgen. Hr. D. fand, daß das Gold die größte Leitungsfähigkeit besitze und nahm daher diese zur Einheit an.

Gold	1000
Platin	981
Silber	973
Kupfer	898,2
Eisen	374,3
Zink	368

Zinn	303,9
Blei	179,6
Marmor	23,6
Porzellan	12,2
Ziegelmasse	11,4

Die Leitungsfähigkeit der oxydirten Körper scheint verschwindend klein zu seyn im Vergleich zu derjenigen der Metalle. Bei den Holzarten hat die Erfahrung gelehrt, daß die Wärme nach der Länge der Fasern ungleich besser, als senkrecht auf dieselben geleitet wird. Bei den tropfbar flüssigen Körpern, und noch weniger bei den elastisch flüssigen Körpern, hat die Größe der Wärmeleitungsfähigkeit bis jetzt ermittelt werden können, wegen der leichten Verschiebbarkeit der Theilchen und der daraus entstehenden Strömungen von kälteren und wärmeren Theilen des flüssigen Körpers. Eine Wärmeleitungsfähigkeit müssen sie allerdings besitzen, obgleich dieselbe nur geringe zu seyn scheint.

§. 83.

Die Wirkung, welche die Wärme auf alle Körper ohne Ausnahme ausübt, äußert sie auch auf das Eisen; sie vermindert nämlich die Härte, und bewirkt eine Ausdehnung seines Volums. In den niedrigeren Graden der Temperatur sind beide Wirkungen weniger merklich, sie treten aber bei zunehmender Hitze immer mehr und deutlicher hervor. Die Härte nimmt mehr ab, und das Eisen wird immer weicher und gegen alle Eindrücke empfänglicher, bis es endlich tropfbar flüssig zu werden anfängt. Die Ausdehnung des Eisens durch die Wärme nimmt zwar mit der Zunahme der Temperatur ebenfalls zu; indeß ist das Verhältniß dieser Vergrößerung des Volumens für die verschiedenen Grade der zunehmenden Temperatur noch nicht genau untersucht, obgleich es bekannt ist, daß Zunahme der Temperatur und Zunahme des Volumens nicht in gleichem Verhältniß zu einander stehen.

A. Wirkung der Wärme auf das Eisen in der Temperatur bis zum Siedepunkt des Wassers.

§. 84.

Wie groß der Einfluß der Wärme auf die Härte des Eisens ist, giebt sich schon bei nicht sehr bedeutenden Unterschieden der Temperatur zu erkennen. Stabeisen, welches sich in der gewöhnlichen Sommer-Temperatur als gutes festes Eisen zeigt, hält das Werfen und Biegen bei starker Kälte nicht aus. Die Kälte scheint überhaupt die Sprödigkeit der Körper sehr zu befördern, weshalb man vom Verhalten des Roheisens, Stahls und Stabeisens beim Werfen und Schlagen in sehr niedrigen Temperaturen, auf die Beschaffenheit derselben nicht so zuverlässig schließen kann, als in der mittleren Temperatur.

Beispiele. Nothwendigkeit, den Frischhammer vor dem Anlassen im Winter zu erwärmen. Leichtere Zersprengbarkeit der Läufe und der Geschütze im Winter.

Rinman a. a. O. I. 383 u. f.

§. 85.

Untersuchungen über die Ausdehnung des Eisens bei verschiedenen Temperaturen von — 40° C (oder — 32° Reaum.) bis + 100° (oder + 80° Reaum.) sind von Hällström angestellt. Es ergeben sich aus seinen Versuchen, bei der angenommenen Länge eines Eisenstabes von 1,000000 bei dem Gefrierpunkt, folgende Veränderungen in der Längen-Dimension des Stabes:

Thermometer-Centes.-Scale.	Länge des Eisens.
— 40°	0,999682
— 30°	0,999721
— 20°	0,999811
— 10°	0,999904
0	1,000000
+ 10°	1,000102

Thermometer-Centes.-Scale.	Länge des Eisens.
+ 20°	1,000211
+ 30°	1,000328
+ 40°	1,000453
+ 50°	1,000588
+ 60°	1,000734
+ 70°	1,000892
+ 80°	1,001063
+ 90°	1,001247
+ 100°	1,001446

Der zu den Versuchen gebrauchte Eisenstab war ein Eisendrath von beinah 0,1 Decimalzoll Durchmesser, welcher bei 19° C. Wärme ein specifisches Gewicht von 7,737 hatte. — Aus diesen Versuchen geht hervor, daß sich das Eisen von — 32° bis + 80° Reaum. um 0,001814 oder um $\frac{1}{545}$, und vom Gefrierpunkt bis zum Siedepunkt um 0,001446, oder um $\frac{1}{692}$ seiner Länge ausdehnt. Dem Volumen nach würde es sich also im ersten Fall um $\frac{1}{182}$, und im letzten Fall um $\frac{1}{231}$ ausdehnen.

Von den Resultaten dieser Versuche weichen die Angaben anderer Physiker ungemein ab. Setzt man die Länge des Eisens bei der Temperatur von 0° = 1; so soll es sich bis zum Siedepunkte nach Condamine um 0,00106, nach Bouguer um 0,00055, nach Juan um 0,00093, nach Ellicott um 0,00060, nach Lowitz um 0,00080, nach Smeaton um 0,00125, nach Muschenbroek um 0,00073, und nach Herbert um 0,00107 in der Länge ausdehnen.

Hällström über die Ausdehnung des Eisens durch die Wärme in Gilberts neuen Annalen der Physik, VI. 52—73.

Fischers physikalisches Wörterbuch, IV. 58.

§. 86.

Bei den sehr schwankenden Angaben über die Größe der

Ausdehnung des Eisens vom Gefrier- bis zum Siedepunkte des Wassers, läßt es sich wohl erwarten, daß auch die Größe der Ausdehnung anderer Körper in dieser Temperatur eben so schwankend ausgemittelt seyn wird. Dalton und Davy haben eine Uebersicht der Ausdehnung, welche verschiedene feste Körper von 0° bis 80° Reaum. erleiden, angegeben, welche ziemlich mit einander übereinstimmen, weil sie wahrscheinlich aus Einer Quelle geschöpft sind. Wenn auch die absolute Richtigkeit der Zahlen mangelhaft wäre, so geht doch daraus im Allgemeinen das Verhältniß der Ausdehnung des Eisens vom Gefrier- bis zum Siedepunkt, zu der Ausdehnung anderer Körper bei derselben Verschiedenheit der Temperatur hervor, weshalb die von Davy angegebenen Zahlen hier stehen mögen:

100000 Theile		
Glas dehnen sich aus zu	100083 Th.	nach Davy.
Platina	100087 —	
Gold	100094 —	
Antimon	100108 —	
Roheisen	100111 —	
Stahl	100112 —	
Stabeisen	100126 —	
Wismuth	100139 —	
Kupfer	100170 —	
Gegossenes Messing	100180 —	
Silber	100238 —	
Zinn	100278 —	
Gegossenes Zink	100296 —	
Geschmiedetes Zink	100308 —	
Quecksilber	101835 —	

Nächst dem Glase, dem Platin, dem Golde und dem Antimon, erleidet also das Eisen die geringste Ausdehnung vom Frost- bis zum Siedepunkte. Ferner dehnt sich, nach Davy's,

Angabe, welche auch durch spätere Untersuchungen als richtig bestätigt worden ist, das Roheisen weniger aus, als der Stahl, und dieser weniger als Stabeisen. Wegen dieser geringen Ausdehnbarkeit des Eisens wird dasselbe, oder der Stahl, auch zu den Pendeln bei den Pendeluhren angewendet, und die, durch die verschiedene Ausdehnung in den verschiedenen Temperaturen entstehenden Unrichtigkeiten im Pendelschlage, hat man auf eine sehr sinnreiche Art dadurch corrigirt, daß man die größere Ausdehnbarkeit des Kupfers als ein Mittel anwendete, die Länge des Stahlpendels für jede Temperatur auszugleichen.

Dalton, neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft. A. d. Engl. von Wolf, I. 13—55.

Davy's Elemente des chemischen Theils der Naturwissenschaft. A. dem Engl. v. Wolff. Berlin 1814. S. 60.; vergl. Schweiggers N. Journal für Chemie und Physik. VIII. 336. — Biot, Traité de Physique I. 158. — Petit et Dulong, in den Annales de Chimie et de Physique. II. 254.

§. 87.

Die aus Roheisen gegossenen Gegenstände sind oft dem Zerspringen bei der Abkühlung unterworfen. Ein solcher Unfall wird gewöhnlich eintreten, wenn sehr starke und sehr schwache Theile des gegossenen Gegenstandes mit einander in Verbindung gesetzt worden sind. Die schwachen Theile werden durch Strahlung und Leitung früher zu einer niedrigeren Temperatur zurück geführt, als die stärkeren Theile; jene ziehen sich daher ungleich schneller zusammen wie diese, wodurch eine Spannung auf der Gränze der dicken und der schwachen Stellen entsteht, die ein Zerreißen des Gußstückes zur Folge hat. Daß ein solches Zerspringen beim schnellen Erkalten von gegossenen eisernen Gegenständen, welche in ihrer äußeren Gestalt fehlerhaft construirt sind, eintreten muß, läßt sich bei so bedeutenden Temperatur-Differenzen wohl einsehen. Es kommen aber Fälle vor, daß Gußstücke, bei welchen eine solche fehlerhafte Construktion nicht

statt findet, welche überall eine fast gleiche Metallstärke besitzen, und welche zuweilen schon lange Zeit in Anwendung gekommen sind, oder auch ruhig gelegen haben, plötzlich, ohne alle äußere Veranlassung mit großer Gewalt und mit einem starken Knall zerspringen. Eine Temperatur-Differenz würde man kaum als den Grund des Erfolges ansehen können, denn es giebt Fälle, daß Gußstücke, (ein gegossener eiserner Balancier für eine Dampfmaschine, welcher als Reservestück schon über ein Jahr lang in einem wohl verwahrten Raum unter einer Strohdecke gelegen hatte), deren Dimension einige Quadratfuß auf der Bruchfläche betrug, mit großer Gewalt in zwei Theile zersprengt worden sind, obgleich das Gußstück in der ruhigen Lage nicht gestört ward, keinen Stoß und keine Erschütterung erlitt und die Temperatur der Atmosphäre kaum um einige Grade differirte. Diese Erscheinungen finden einigermaaßen darin ihre Erklärung, daß das Gußstück schon durch frühere und oft wiederholte Temperatur-Differenzen, — wenn dieselben auch nur wenige Grade betragen, — eine Spannung seiner Theilchen erlitten hat, so daß es nur einer unbedeutenden Veranlassung bedarf, um das Zerspringen endlich herbeizuführen. Auf die Beschaffenheit des Roheisens und auf die Umstände, unter welchen die Erkaltung nach dem Guß früher erfolgte, mag es dabei allerdings wesentlich ankommen. Man hat sich das in die Gestalt eines Gußstücks gebrachte Roheisen nämlich als ein Aggregat von unvollkommenen krystallinischen Bildungen zu denken, wenn sich auch von den Krystallen nur einzelne Flächen ausbilden. Die Krystalle des weißen Roheisens gehören nicht zu dem regulären Krystallsystem, sondern zu einem Krystallsystem, bei welchem die Axen eine verschiedene Länge haben. Von diesen Krystallen ist es bekannt, daß sie bei der Temperatur-Veränderung besonderen Gesetzen unterworfen sind, indem sie sich nicht nach allen Richtungen gleich stark ausdehnen und wieder zusammen ziehen. Weil die Krystalle in der erstarrten Roheisenmasse sehr verworren

Nächst dem Glase und dem Platin gehört das Eisen also zu den Körpern, die in höheren Temperaturen die geringsten Ausdehnungen erleiden, aber auch zugleich zu denen, die den unregelmäßigsten Gang bei der Ausdehnung zu befolgen scheinen, indem es sich in höheren Temperaturen verhältnißmäßig ungleich stärker als in den niedrigeren Temperaturen ausdehnt.

B. Wirkung der Wärme auf das Eisen in der Temperatur bis zur Rothglühhitze.

§. 89.

Da schon die Erhöhung der Temperatur bis zum Schmelzpunkt des Bleies eine sehr auffallende Wirkung auf die Härte und auf die Ausdehnbarkeit des Eisens äußert, so läßt sich wohl erwarten, daß diese Wirkungen in der Temperatur bis zum Rothglühen noch auffallender seyn müssen. Genaue Angaben über die Ausdehnung des Eisens in dieser Temperatur sind indeß eben so wenig vorhanden, als sich die verschiedenen Grade der abnehmenden Härte bei der Erhöhung der Temperaturen angeben lassen, weil man nicht in den Fall kommt, von den Resultaten solcher Untersuchungen Gebrauch zu machen. Muschenbroek hat über die Ausdehnung des Eisens in diesen höheren Temperaturen einige Versuche angestellt, deren Resultate weder als absolute Bestimmungen für gewisse Grade der Temperatur, und noch weniger als Vergleichungszahlen für Eisen mit anderen Metallen, gebraucht werden können. Rinman will bei seinen Versuchen gefunden haben, daß sich das Stabeisen (von der gewöhnlichen Sommerwärme an bis zur Rothglühhitze) um $\frac{4}{360}$, der Stahl um $\frac{6}{360}$, und das Roheisen um $\frac{7}{360}$ seiner Länge ausdehne. Hat Rinman richtig beobachtet, und bestätigt sich auch die Erfahrung, daß sich in der Temperatur bis zum Wassersiedepunkte das Roheisen am wenigsten, Stahl etwas mehr, und Stabeisen am meisten ausdehnt; so

würde ein Temperaturgrad eintreten müssen, in welchem die Ausdehnung der drei Eisenarten durch die Wärme ein entgegengesetztes Gesetz befolgt. Weil R. aber schon in einer Temperatur von 500 bis 550° eine Ausdehnung des Stabeisens von $\frac{3}{560}$, des Stahls von $\frac{4}{560}$, und des Roheisens von $\frac{4}{560}$ bemerkt haben will; so müßte dieser Temperaturgrad zwischen 212 und 500° gesucht werden, in so fern überhaupt die Richtigkeit seiner Angabe sich bestätigen sollte.

Musschenbroek introd. ad philos. natural. II. §. 1527.
Rinmann a. a. O. II. 718.

§. 90.

Die merkwürdigste Veränderung, welche das Eisen in der Temperatur von 400° an erleidet, ist die Farbenveränderung seiner Oberfläche. Diese Veränderung ist auch bleibend, und das Eisen behält nach dem Erkalten die Farbe, welche es bei der Erhitzung erhalten hatte. Bei allen Metallen, welche nach dem Glühen schmelzen (die edeln ausgenommen), zeigt sich ebenfalls eine Farbenveränderung auf ihrer Oberfläche; besonders schön kommen diese Farbenveränderungen bei dem in mäßiger Hitze geschmolzenen Zink zum Vorschein. Die übrigen Metalle schmelzen in dem Augenblick, als die Farben zum Vorschein kommen. Man nennt dies Erscheinen der Farben auf der Oberfläche das Anlaufen des Eisens, und läßt das Eisen in manchen Fällen, theils zur Zierde, theils aus anderen, demnächst näher zu erörternden Gründen, anlaufen. Je schöner die Fläche des Metalles polirt ward, desto schöner und deutlicher tritt die Farbe hervor; je dichter ferner das Eisen war, desto weniger wird der Farbengrund von unansehnlichen Stellen unterbrochen. Stahl läuft daher immer schöner an als Stabeisen, und dieses schöner als das graue Roheisen. Das weiße Roheisen kann indeß eben so schöne und noch lebhaftere Anlauffarben annehmen, als der Stahl.

§. 91.

Die Anlauffarben des Eisens kommen in gewissen, sehr bestimmten Wärmegraden zum Vorschein. Zuerst erhält die Oberfläche eine hellgelbe (stroh- oder hafergelbe) Farbe, in einer Temperatur, in welcher reines Zinn schmelzt (228° Cels.), alsdann wird die Farbe dunkelgelb oder goldfarbig (bei 235°), demnächst karmoisinroth (Wismuth schmelzt; 246°), alsdann violett, welches durch das Purpurfarbene ins Dunkelblaue übergeht (Blei schmelzt; 334°). Diese dunkelblaue Farbe zieht sich durch das Lichtblaue ins Grüne, und alsdann tritt völlige Farbenlosigkeit ein (Zink schmelzt; 360°). Wird das Eisen einer noch stärkeren Hitze ausgesetzt, so kommen auf der farbenlosen Fläche dieselben Farben, in derselben Folge, wie beim ersten Anlaufen, nämlich gelb, roth, violett, lichtblau und grün, aber weniger lebhaft und schneller verschwindend, zum Vorschein, worauf sich zuletzt, und zwar kurz vor dem Glühen, eine dunkelblaue Farbe einfindet, welche die Oberfläche des Eisens, wenn man es in diesem Zustande aus der Hitze nimmt, mit einer matten Haut überzieht. Daß die Anlauffarben durch die Oxydation des Eisens entstehen, ist als gewiß anzunehmen, obgleich der Oxydations-Zustand des Eisens, welches in solchen gefärbten Häuten erscheint, noch nicht bekannt ist.

H. Davy, über die Ursache der Farbenveränderung durch Hitze auf der Oberfläche des Stahls; in Schweigger's Neuem Journ. für Chemie und Physik. XI. 47. — Lüdicke von den Farben bei dem Anlaufen des Stahls; in Gilbert's Annalen der Physik. B. 34. S. 235—239.

§. 91.

Alle diese Farben sind indeß wenig lebhaft, weshalb man sie, die dunkelblaue Farbe des ersten Anlaufs allein ausgenommen, zur Verzierung des Eisens nicht anzuwenden pflegt. Weil der gehärtete Stahl aber bei jeder verschiedenen höheren Tem-

peratur, welcher er ausgesetzt wird, auch von seiner Härte in eben so verschiedenen Graden etwas verliert; so geben die Anlauffarben ein sehr gutes Anhalten zur Bestimmung, bis zu welchem Hitzgrade der Stahl, theils nach seiner Beschaffenheit, theils nach der Anwendung, welche von ihm gemacht werden soll, erhitzt werden muß, um nicht zu viel und nicht zu wenig von seiner Härte zu verlieren (§. 66). Deshalb ist es auch nöthig, mit den Graden der Anlauffarben ganz genau bekannt zu seyn.

§. 92.

Eisen und Stahlarbeiten, denen man eine schöne Oberfläche geben will, und die es sonst nach der Bestimmung, welche sie haben, erleiden können, pflegt man blau anlaufen zu lassen. Zu diesem blauen Anlauf ist eine gewandte und geübte Hand erforderlich.

Rinman a. a. O. I. 260 u. f.

Procédé pour bleuir le fer et l'acier polis; in den Annal. des arts et manufactures, XXII. 292.

§. 93.

Die drei Eisenarten laufen nicht in gleicher Hitze an; Stahl früher als Stabeisen, und dieses nicht viel später als graues Roheisen. Wie groß die Differenz der Temperaturen nach thermometrischen Graden ist, läßt sich nicht genau angeben; indeß ist sie doch so bedeutend, daß der Stahl oft schon die dritte Stufenfarbe erreicht hat, wenn das Stabeisen erst zur zweiten, und das graue Roheisen zur ersten gelangt. Eine Vergleichung der Anlaufsperiode des weißen Roheisens mit den Anlaufsperioden der übrigen Eisenarten, ist noch nicht angestellt; indeß ist es nicht unwahrscheinlich, daß es noch früher als der Stahl mit Farben anlaufen wird. Ueberhaupt ist es eine allgemeine Regel, daß das Eisen desto eher anläuft, je härter es ist. Man kann daher durch das Anlaufen die härteren und weicheren Stellen in einer Eisen- und Stahlstange sehr deutlich

erkennen, indem die härteren Stellen schon blau erscheinen, wenn die weichen röthlichgelb sind u. s. f.

Rinman a. a. O. I. 238 u. f. II. 723.

§. 94.

Wenn das Eisen in der Hitze alle Veränderungen, die sich äußerlich durch den Farbenwechsel zu erkennen geben, durchgegangen ist, fängt es bei anhaltender Hitze an, im Finstern zu leuchten oder zu glühen, und zwar zuerst mit brauner Farbe, welche immer lichter wird, und bald roth erscheint, so daß man das Glühen bei hellem Tageslicht sehen kann. Dies ist bei einem Grade der Hitze, welche etwa 560° C. beträgt. Wird das Eisen in diesem Zustande aus dem Feuer genommen, und bleibt es der Rothglühhitze nicht anhaltend ausgesetzt; so läßt sich nach dem Erkalten beim grauen Roheisen gar keine Veränderung in seinen Eigenschaften vor dem Glühen bemerken; denn die Anlauffarben (§. 90.) sind in der Rothglühhitze schon wieder verschwunden. Beim Stahl ist indeß eine sehr große Verschiedenheit bemerkbar: der ungehärtete Stahl ist etwas weicher geworden, der gehärtete hat aber die ihm früher durch das Härten (§. 37.) mitgetheilte Härte fast gänzlich verloren, und befindet sich wieder im Zustande des ungehärteten Stahls. Das harte Stabeisen ist ebenfalls etwas weicher geworden; beim weichen läßt sich keine bemerkbare Verschiedenheit auffinden. Da sich mit der abnehmenden Härte auch die Sprödigkeit vermindert, so giebt das Ausglühen des Eisens ein Mittel, dem Stabeisen die Sprödigkeit zu benehmen, welche eine bloße Folge der durch kaltes Hämmern u. s. f. mitgetheilten Härte war. Hartes Stabeisen, welches von Natur spröde ist (§. 66.), kann seine Sprödigkeit durch Glühen nicht verlieren, weil die Sprödigkeit keine Folge der Härte allein gewesen ist.

C. Wirkung der Wärme auf das Eisen, in der Temperatur bis zur Schmelzhitze.

§. 95.

Die lichtrothe Farbe (§. 94.) wird bei verstärkter Hitze immer heller; das Röthliche verliert sich mehr, und macht der gelblichen Farbe Platz, welche ebenfalls immer lichter wird, bis das Eisen zuletzt eine blendendweiße Farbe annimmt. In diesem Zustande befindet es sich im **Weißglühen**, und man nennt den Grad der Hitze die **Weißglühhitze**. So groß die Temperatur-Verschiedenheit vom Rothglühen bis zum Weißglühen auch ist; so kennt man man doch noch kein zuverlässiges und einfaches Mittel, die verschiedenen Grade der Hitze vom Roth- bis zum Weißglühen zu messen. Vor dem Rothglühen geben die Anlauffarben den Maaßstab zur Beurtheilung der Hitzgrade ab; nach dem Rothglühen hat man keine anderen Kennzeichen, als die Schattirungen der rothen und gelben Farben, die immer lichter und endlich blendendweiß werden. Lange Uebung und ein scharfes Auge sind also die einzigen Mittel zur Beurtheilung der Hitzgrade, welche zwischen dem Roth- und Weißglühen liegen; denn die Hitzgrade, in denen Silber, Kupfer und Gold schmelzen, liegen weit vor dem Weißglühen des Eisens.

Die genaue Beurtheilung der verschiedenen Glühgrade ist beim Härten des Stahls von der äußersten Wichtigkeit, weil fast jede Stahlart einen besondern Hitzgrad erfordert. Außerdem sind die Grade der Weißglühhitze außerordentlich verschieden, und manche Eisenarten erfordern einen ganz anderen Grad der Weißglühhitze zu ihrer Bearbeitung als andere, wenn der Güte des Eisens nicht Nachtheil erwachsen soll. Ein zuverlässiges und in der Anwendung bequemes Mittel (welches die **Wedgwoodschen** Pyrometer nicht abgeben), um die verschiedenen Glühgrade genau bestimmen zu können, würde für das Eisenhüttenwesen und vorzüglich für die Verarbeitung des Eisens, sehr

willkommen seyn. Rinman hat dazu das Eisen selbst, nämlich die Grade der Ausdehnung desselben in den zunehmenden Temperaturen vorgeschlagen.

Wirklich hat man auch später von diesem Metall zur Bestimmung der höheren Temperaturen Anwendung gemacht, obgleich, aus dem schon oben (§. 88.) angegebenen Grunde, das Platin den Vorzug vor dem Eisen verdienen mögte.

Rinman a. a. O. I. 273 f. — Archiv für Bergbau u. s. f. VIII. 382.

§. 96.

Dieselbe Folgeordnung, welche die drei Eisenarten beim Anlaufen beobachten (§. 93.), findet auch beim Erhitzen derselben bis zum Weißglühen statt. Der Stahl wird weit eher weißglühend als das Stabeisen, und dieses nicht viel später als das graue Roheisen. Das weiße Roheisen erhält aber eben so schnell den Grad des Weißglühens als der Stahl. Der Unterschied der Zeit zwischen dem Weißglühendwerden des Stahls und des Stabeisens ist um so bedeutender, je härter der Stahl und je weicher das Stabeisen ist. Hartes Stabeisen nimmt weit eher die Weißglühhitze an, als weiches.

(Anwendung dieser Erfahrung beim Bearbeiten der verstählten Eisenwaaren, beim Schmieden der Läufe u. s. f.).

§. 97.

In dem Zustande des Weißglühens ist alles Eisen außerordentlich weich, und gegen alle Eindrücke empfänglich. Was §. 94, von der Veränderung der Beschaffenheit des Eisens nach dem wieder erfolgten Erkalten gesagt worden ist, gilt vom Erkalten nach dem stattgefundenen Weißglühen um so mehr, jedoch unter der Voraussetzung, daß das Eisen nicht anhaltend der Weißglühhitze ausgesetzt war, daß beim Glühen kein Luftstrom über das Eisen strich, und daß die anhaltende Erhitzung nicht unter einer Kohlendecke geschah.

§. 98.

Ueber die Grade der Ausdehnung des Eisens bis zur Weißglühhitze hat Rinman Versuche angestellt. Er fand, daß sich das Stabeisen von der Rothglühhitze bis zur Weißglühhitze um $\frac{3}{560}$, der Stahl um $\frac{4}{560}$, und das Roheisen um $\frac{5}{560}$ seiner Länge ausdehnte, und daß die Ausdehnung der Stäbe, von der gewöhnlichen Temperatur im Sommer bis zum Weißglühen, beim Stabeisen $\frac{7}{560}$, beim Stahl $\frac{10}{560}$, und beim Roheisen $\frac{12}{560}$ betrug. (Vergl. §. 89.)

Hr. Prinsep hat die Beobachtung gemacht (Brewster's Edinburgh Journ. of Science X. April 1829. p. 356.), daß Gußeisen, wenn es mehremale nach einander erhitzt wird, bei jeder Erhitzung sein Volumen bleibend vergrößert. Hieraus würde sich erklären, weshalb die Ausdehnung des Eisens durch Hitze keine gleichförmige ist. Aber auch Hr. Despretz (Ann. de Chimie et de Phys. LXIII. 315.) macht auf die Eigenschaft mehrer fester Körper aufmerksam, nach den durch die Temperatur bewirkten Volumen-Veränderungen, bei einer bestimmten Temperatur nicht wieder absolut dasselbe Volumen, wie vorher, einzunehmen.

Rinman a. a. O. II. 710.

§. 99.

Wird die Weißglühhitze noch mehr verstärkt, so nimmt die Weichheit des Eisens immer mehr zu, und es muß endlich ein Zustand der völligen Flüssigkeit eintreten. Hier ist es, wo sich die Verschiedenheit der drei Eisenarten sehr deutlich zeigt. Das Stabeisen bedarf zu dem Uebergange der völligen Flüssigkeit eines so hohen Hitzgrades, daß man es lange Zeit für völlig unschmelzbar gehalten hat. Der Stahl schmelzt mehr oder weniger schwer, je nachdem er weicher und biegsamer, oder härter und spröder ist. Der Schmelzpunkt des Roheisens ist für die verschiedenen Arten desselben unbezweifelt sehr abweichend. Das weiße Roheisen (Spiegeleisen) kommt schon in Fluß,

wenn das Stabeisen sich kaum in starker Schweißhitze befindet. Andere Arten von weißem Roheisen schmelzen zwar etwas schwerer, aber gewiß nicht viel später als bei einer starken Schweißhitze des Stabeisens, und dies ist auch derjenige Grad der Temperatur, bei welchem das graue Roheisen, welches unter allen Roheisenarten das strengflüssigste ist, zum Schmelzen kommt.

§. 100.

Die Angabe der Temperaturen, welche mit den Schmelzpunkten der Metalle zusammen fallen, ist schon bei den leichtflüssigen Metallen ziemlich unsicher und unzuverlässig, sobald die Temperaturen so hoch steigen, daß die Instrumente die hohen Hitzegrade nicht mehr ohne Beschädigung ertragen können und man daher genöthigt ist, den Weg der unmittelbaren Beobachtung zu verlassen. Diese Schwierigkeiten werden für die Bestimmung der hohen Temperaturgrade der Glüh- und Schmelzhitze der verschiedenen Eisenarten noch ungleich größer. Das bekannte Pyrometer von Wedgwood würde ein sehr bequemes Instrument seyn, die hohen Temperaturgrade durch eine unmittelbare und einfache Beobachtung zu finden, wenn nicht die völlige Unzuverlässigkeit desselben erwiesen und daher auch eine Vergleichung der pyrometrischen Grade, welche dies Instrument angiebt, mit den Graden des Thermometers ganz unstatthaft wäre. Man hat daher verschiedene andere Methoden in Anwendung gebracht, um die hohen Temperaturgrade zu messen und mit den üblichen thermometrischen Graden zu vergleichen. Die Methode der Bestimmung des Grades der Hitze, worin sich ein Körper befindet, durch die, als bekannt vorausgesetzte specifische Wärme dieses Körpers (§. 80.), ist zwar in der Anwendung nicht unbequem, aber man erhält dadurch nur annähernde Resultate. Soll die Temperatur durch die specifische Wärme des Körpers genau bestimmt werden, so genügt eine einfache Beobachtung nicht mehr, sondern es muß dann auf alle Wärmeverluste durch Mittheilung, Leitung, Ausstrahlung u. s. f. Rücksicht genommen

werden, woraus eine weitläuftige Untersuchung für jede Beobachtung entsteht, so daß der Werth dieser Untersuchungen für die Praxis ganz wegfällt. Außerdem wird dabei von der Voraussetzung ausgegangen, daß die Wärmecapacität des Körpers, dessen Temperatur untersucht werden soll, in den höchsten Graden der Temperatur nicht größer sey, als in der Temperatur, bei welcher seine specifische Wärme bestimmt worden ist. Weil die Methode indeß recht bequem ist, um annähernde Werthe zu erhalten, so darf sie hier nicht übergangen werden. Ohne alle Correctionen, wie sie in der Praxis nur anwendbar ist, wird man dadurch jedoch Werthe erhalten, welche die Temperatur des glühenden oder geschmolzenen Metalles etwas zu niedrig angeben, obgleich es sehr wahrscheinlich ist, daß sich bei diesem Verfahren einige Fehler zufällig wieder ausgleichen, z. B. die (durch Wärmestrahlung und Wärmeleitung des Gefäßes, worin sich das Wasser befindet) zu niedrig gefundene Temperatur des Wassers nach Beendigung des Versuches, und die wahrscheinlich zu geringe angenommene specifische Wärme des Eisens, welche, wie es die Versuche von Dulong und Petit sehr wahrscheinlich machen, in höheren Temperaturen größer wird, als in den Temperaturen von 0° bis 350° C., bei welchen sie bestimmt worden ist.

Um die Höhe der Temperatur eines glühenden oder geschmolzenen Metalles aus seiner specifischen Wärme zu bestimmen, muß eine genau abgewogene Quantität desselben im glühenden oder geschmolzenen Zustande in ein mit Wasser angefülltes Gefäß gebracht werden. Es ist zweckmäßig, wenigstens 4 bis 5mal so viel Wasser anzuwenden, als das Gewicht des Metalles beträgt. Gewicht und Temperatur des Wassers sind sorgfältig zu bestimmen. Das Gefäß besteht am besten aus einer kupfernen Schaale, welche so dünn und tief als möglich gearbeitet ist. Das Gefäß und das Wasser müssen, wie sich von selbst versteht, die Temperatur des Raumes, in welchem der Ver-

such vorgenommen wird, vollständig angenommen haben. Nennt man nun

C, die specifische Wärme des glühenden oder geschmolzenen Körpers,

C^1, die specifische Wärme des Wassers, $= 1$ gesetzt,

Q, die Gewichtsmenge des glühenden oder geschmolzenen Körpers,

P, die Gewichtsmenge des zum Versuch anzuwendenden Wassers,

t^1, die Temperatur des Wassers vor dem Versuch, in thermometrischen Graden ausgedrückt,

T, die höchste Temperatur, welche das Wasser nach dem Hinzufügen von Q angenommen hat, und

t, die Temperatur des glühenden oder geschmolzenen Körpers, welche gefunden werden soll;

so wird der Körper, sobald eine vollständige Ausgleichung der Temperaturen statt gefunden hat, die Temperatur T ebenfalls angenommen haben. Seine Temperatur hat sich also um $t-T$ thermometrische Grade vermindert, wogegen das Wasser nicht $t-T$ Grade, welche der Körper verlor, gewonnen hat, sondern nur $(t-T)\frac{CQ}{C^1 P}$ Grade, nämlich so viel Grade weniger als seine specifische Wärme und sein absolutes Gewicht größer sind, als die specifische Wärme und das absolute Gewicht des abgekühlten Körpers. Die Temperatur des Wassers hat sich folglich um $\frac{(t-T)CQ}{C^1 P}$ Grade erhöhet, und da es vor dem Versuch schon eine Temperatur von t^1 Graden besaß, so wird die wirkliche Temperatur des Wassers $t^1 + \frac{(t-T)CQ}{C^1 P}$ Grade seyn.

Hieraus ergiebt sich also $T = t^1 + \frac{(t-T)CQ}{C^1 P}$, oder

$(T-t^1)\,C^1\,P = (t-T)\,C\,Q$. Folglich ist $t = T + \frac{(T-t)C^1P}{CQ}$ und da $C^1 = 1$, so wird $t = T + \frac{(T-t^1)P}{CQ}$. Es ist einleuchtend, daß diese Formel schon deshalb nicht genau seyn kann, weil dabei auf die Wärmezunahme und auf die spec. Wärme des kupfernen Gefäßes nicht Rücksicht genommen ist, weshalb der Werth von t auch zu klein gefunden werden muß. Dieser Fehler wird zwar vermindert, wenn P nicht die Gewichtsmenge des Wassers, sondern das Gewicht des ganzen Gefäßes mit seinem Wasserinhalt, wie es immer geschieht, ausdrückt; allein zu einer größeren Genauigkeit würde es nothwendig seyn, auch auf die specifische Wärme des Gefäßes in der Formel Rücksicht zu nehmen.

Berechnet man übrigens nach dieser Formel die Temperatur des geschmolzenen Roheisens, so ergiebt sich dieselbe zu 1400 bis 1450 Gr. Reaum. (1750 bis 1812 Gr. C.), wenn die specifische Wärme des Roheisens zu 0,1260 angenommen wird. Unter den Verhältnissen, wie die Temperatur aus der Formel gefunden wird, muß die wirkliche Temperatur höher seyn als die berechnete.

§. 101.

Unter allen bis jetzt in Vorschlag gebrachten Pyrometern, scheint das von Hrn. Daniell angegebene (Philos. Transact. 1830. II. 257.) so genannte Register-Pyrometer noch das brauchbarste und am wenigsten unzuverlässige zu seyn. Dies Instrument ist bestimmt, hohe Temperaturen durch den Ausdehnungsunterschied einer Platinstange und einer hohlen Graphitstange zu messen, wobei das Wesentliche der Einrichtung etwa in Folgendem besteht.

In eine solide cylindrische Stange von Graphit oder vielmehr von Graphittiegelmasse, welchen Cylinder Daniell das Register nennt, von 8 Zoll Länge und 0,7 Zoll Durchmes-

ser wird längs der Axe eine cylindrische Oeffnung von 7,5 Zoll Tiefe und 0,3 Zoll Durchmesser gebohrt und in diese Oeffnung ein 6,5 Zoll langer metallener Drath von Platin (oder auch von Eisen) eingeführt. Vorher aber werden am oberen Ende der cylindrischen Oeffnung etwa 0,6 Zoll Länge von der Graphitstange bis zur halben Dicke derselben weggeschnitten, so daß in diesen Theil der Länge die cylindrische Aushölung einen Halbcylinder bildet, der sich nach unten in den vollen holen Cylinder fortsetzt. Der in die cylindrische Oeffnung gesteckte Platin- oder Eisendrath, stützt sich auf dem Boden dieser Oeffnung und bekommt als Bedeckung ein cylindrisches Stück Porcellan von etwa 1½ Zoll Länge oder Höhe, welches Daniell den Index nennt. Aus den angegebenen Dimensionen der Theile geht hervor, daß dieser Index sich mit einem Theil seiner Länge noch in dem vollen cylindrischen Theil der Oeffnung befindet, indem der Metalldrath, auf welchem er aufsteht, kürzer ist als diese cylindrische Oeffnung, und daß er mit dem andern Theil seiner Länge über dem halbcylindrischen Theil der Hölung hervorragt, denn der Metalldrath und der Index sind zusammen 8 Zoll lang, während der ganz und der halb cylindrische Theil der Oeffnung zusammen nur 7½ Zoll Länge haben. Um den Index zu fixiren, legt man einen gemeinschaftlichen Ring von Platin um ihn und den oberen halbcylindrischen Theil der Graphitstange, den man durch Einschiebung eines kleinen Keils von Porcellan anspannt. Wird nun dieser Apparat einer hohen Temperatur ausgesetzt, so muß der Metalldrath, weil er sich ungleich stärker ausdehnt als die Graphitstange, den Index in die Höhe treiben, und dieser wird, nach erfolgter Wiederabkühlung, an der Stelle seiner größten Elongation liegen bleiben, weil das Instrument in geneigter Stellung angewendet wird. Es kommt also nur darauf an, die Länge, um welche der Index von seiner ursprünglichen Lage fortgerückt ist, auf das genaueste zu messen. Uebrigens ergiebt sich auch aus dieser Function des Drathes,

daß ein Platindrath ungleich zweckmäßiger in der Anwendung seyn muß, als ein Eisendrath, denn vom Platin ist es bekannt, daß es keine bleibenden Verlängerungen nach der Abkühlung behält, welches beim Eisen aber mehr als zweifelhaft ist, weshalb bei wiederholtem Gebrauch des Instrumentes, die Ausdehnungen des Eisendrathes zu unzuverlässigen Anzeigen Veranlassung geben könnten. Die Länge, um welche der Inder fortgeschoben wird, ist immer nur wenig bedeutend, weshalb sich D. eines schon bekannten Verfahrens bedient, die Anzeige des Inder durch einen als Hebel wirkenden Zeiger zu vergrößern. Um aber die Anzeigen des Pyrometers verstehen zu können, muß das Ausdehnungsverhältniß der Graphitmasse, die zum Register angewendet worden ist, bekannt seyn, um aus der scheinbaren Ausdehnung des Platindraths die wahre, und aus dieser, vermittelst des bekannten Ausdehnungsverhältnisses des Platins, die Temperatur berechnen zu können. Daniell findet die absolute Ausdehnung der Graphitmasse dadurch, daß er die scheinbare Ausdehnung eines Platindrathes mittelst des Registers selbst bestimmt und hiervon die wahre Ausdehnung des Metalldrathes, die er als durch Dulong und Petit's Versuche bekannt ansieht, abzieht. Den Rest betrachtet er dann als die Ausdehnung der Graphitmasse. Er fand auf diese Weise für die Ausdehnung eines Registers von 6,5 Zoll Länge zwischen 64° und 660° Fahr., eine lineare Ausdehnung von 0,00784 Zoll bei Prüfung durch Platin und von 0,00878 Zoll bei Prüfung durch Eisen, welche nahe übereinstimmenden Werthe er als einen Beweis für die Genauigkeit seines Instrumentes ansieht. Die Expansion für jedes Register aus einer andern Graphitmasse muß besonders ermittelt werden, weil die Beschaffenheit der Masse auf die Größe der Expansion von Einfluß ist. Graphit von feinerem Korn soll sich weniger ausdehnen, als Graphit von gröberem Korn.

Dies Instrument bleibt jedoch ebenfalls sehr unzuverlässig, schon aus dem Grunde, weil die Ausdehnungen in einem grö-

heren Verhältniß zunehmen, als die Temperaturen, man aber, weil genauere Bestimmungen und sorgfältige Versuche nicht angestellt worden sind, anzunehmen genöthigt ist, daß die Ausdehnung mit den Temperaturen, auch für die höheren und höchsten Grade derselben, nach demselben Verhältniß, wie bei den niedrigeren Temperaturgraden fortschreite. Hr. Daniell hat nun, mittelst seines Register-Thermometers die Schmelzpunkte folgender Metalle bestimmt, und, wie er überzeugt ist, auf eine zuverlässigere Weise, als vor ihm geschehen.

Schmelzpunkt des

Silbers . . .	1873° F.	=	1022° $\frac{7}{9}$ C.	=	818° R.
Kupfers . . .	1996° —	=	1091° $\frac{1}{9}$ —	=	873° —
Goldes . . .	2076° —	=	1102° $\frac{2}{9}$ —	=	882° —
grauen Roheisens	2786° —	=	1530° —	=	1224° —

Ob diese Temperaturen die wahren und richtigen sind, muß so lange unentschieden bleiben, bis genauere Untersuchungen darüber belehren werden. Die große Unvollkommenheit des Instrumentes ist nicht zu läugnen, und es liegt selbst in der genauen Bestimmmung der Länge, um welchen der Index fortgeschoben wird, eine große Schwierigkeit. Sogar ist nicht einmal der Zweifel vollständig zu heben, ob die Metalldräthe in der außerordentlich hohen Temperatur den Index noch fortzuschieben vermögen und ob sie sich nicht biegen, obgleich die fortzuschiebende Last freilich nicht von Bedeutung ist. Jedenfalls dürfte die Angabe der Temperatur, bei welcher das graue Roheisen schmelzen soll, nicht richtig, sondern bedeutend unter der Wirklichkeit gefunden seyn.

§. 102.

Um mit größerer Zuverlässigkeit die Temperaturen aus der specifischen Wärme des Metalles herleiten zu können (§. 100.) hat Hr. Pouillet die Wärmecapacität des Platin für verschiedene Temperaturen bestimmt. Er fand dieselbe bei + 100° C. = 0,0335; bei + 500° = 0,03518; bei + 1000°

= 0,03728, und bei + 1500° = 0,03938. Es ist indeß nicht bemerkt, auf welche Weise diese Temperaturen selbst bestimmt worden sind. Auch scheint es nicht, daß Hr. Pouillet die verschiedenen, von ihm mitgetheilten Temperatur-Bestimmungen, aus der specifischen Wärme des bis zu jenen Temperaturen erhitzten Platins hergeleitet, sondern dieselben vielmehr mit einem magnetischen Pyrometer gefunden, und die Bestimmung der Temperatur aus der spec. Wärme nur als Controle bei einem einzelnen Versuch angewendet hat, um die Angaben des magnetischen Pyrometers verstehen und in Temperaturgrade verwandeln zu können. Das magnetische Pyrometer besteht in der Anwendung eines thermo-electrischen Paares und in der Messung der Abweichungen der Magnetnadel. Das Paar besteht aus einem Flintenlauf, in dessen Schwanzschraubengänge das Ende eines langen und festen Platindraths gelegt ist, über welchem die Schraubenmutter dann zugeniethet worden ist, so daß der Drath vollständig bedeckt ist. Das freie Ende des Drathes ragt aus der Mündung der Seele des Laufes hervor. An dem andern Ende des Laufes (am Schwanzschraubenende) wird ein Platindrath fest angelöthet. Soll das Instrument angewendet werden, so setzt man die freien Enden beider Dräthe durch Quecksilber in leitende Verbindung mit einem electro-magnetischen Multiplikator und der Grad der Abweichung der Nadel zeigt den Temperaturgrad des erhitzten unteren Endes des Laufes an, nach den Vergleichungen, welche man für die Grade der Abweichung der Nadel, mit gemessenen, bekannten Temperaturgraden, gemacht hat. Hr. Pouillet hat folgende Temperatur-Bestimmungen mitgetheilt:

Anfangendes Rothglühen	525° C.
Dunkelrothglühen	700°
Anfangendes Kirschroth	800°
Stärkeres Kirschroth	900°
Völliges Kirschroth	1000°

Dunkel Orangeroth	1100°
Lichtes Glühen	1200°
Weißglühen	1300°
Starkes Weißglühen	1400°
Blendendes Weißglühen	1500 bis 1600°
Silber schmelzt	1000°
Gold schmelzt	1200°
Leicht schmelzbares, weißes Roheisen schmelzt	1050°
Schwer schmelzbares weißes Roheisen schmelzt	1100°
Schwer schmelzbares graues Roheisen schmelzt	1200°
Leicht schmelzbares graues Roheisen schmelzt	1100°
Leicht schmelzbarer Stahl schmelzt	1300°
Schwer schmelzbarer Stahl schmelzt	1400°
Stabeisen schmelzt	1500 bis 1600°

Auch diese Angaben dürften noch einer sehr wesentlichen Berichtigung bedürfen, denn die Temperaturen der Schmelzhitze der verschiedenen Eisenarten sind ganz zuverlässig und ohne allen Zweifel viel zu niedrig angegeben.

Die thermometrischen Grade, durch welche die höheren Temperaturen der Glüh- und Schmelzhitze der strengflüssigen Metalle auszudrücken wären, lassen sich also eigentlich noch nicht angeben, und es muß künftigen Untersuchungen vorbehalten bleiben, die schwankenden und wenig zuverlässigen Bestimmungen zu berichtigen.

§. 103.

Das Verhalten der verschiedenen Eisenarten in der Glühhitze und in der bis zum völligen Schmelzen fortgesetzten Hitze, erfordert für jede Eisenart eine besondere Untersuchung, theils wegen des eigenthümlichen Verhaltens, theils wegen der Veränderungen, die jede von diesen Eisenarten, durch den in den meisten Fällen unvermeidlichen Zutritt der Luft und der Kohlen, beim Glühen und Schmelzen erleidet.

1. Verhalten des Stabeisens in der Glüh- und Schmelzhitze.

§. 104.

Eine besondere Eigenschaft des Stabeisens, welche man nur noch beim Platin, aber sonst bei keinem anderen Metall wargenommen hat, ist die Verbindung des Eisens mit dem Eisen im weißglühenden Zustande. Alle übrigen Metalle werden vor dem Schmelzen zwar ebenfalls weich, allein nur beim Stabeisen und beim Platin ist es möglich, die erweichten Stücke durch einen mechanischen Druck, durch Schlagen oder Pressen, zu Einer Masse mit einander zu vereinigen, ohne daß es nöthig wäre, den Zustand der Flüssigkeit eintreten zu lassen. Man nennt diese Art der Verbindung oder der Vereinigung das Schweißen, oder das Zusammenschweißen. Dieser Eigenschaft des Eisens allein verdankt man die großen Vortheile, welche die Kunst der Eisenbearbeitung dem menschlichen Leben gewährt, weil das Eisen in einem so hohen Grade strengflüssig ist, daß es in den wenigsten Fällen ausführbar seyn würde, sich desselben, so wie des Kupfers, des Silbers u. s. f. zu bedienen. Weil das Eisen die Eigenschaft zu schweißen in der Weißglühhitze erhält, so pflegt man diesen Grad der Hitze auch wohl die Schweißhitze zu nennen. Das harte Stabeisen erhält die Schweißhitze früher als das weiche. Eisen, welches gar nicht, oder doch nur sehr schwer schweißt, ist immer ein schlechtes unbrauchbares Eisen, wenn es auch sonst alle Eigenschaften eines guten Eisens besitzen sollte; es giebt aber auch Eisen, welches vortrefflich schweißt, und welchem andere, zum guten Eisen erforderlichen Eigenschaften abgehen; und endlich giebt es Eisen, welches in der Weißglühhitze zwar gut schweißt, und sich auch unter dem Hammer gut schmieden läßt, welches aber bei abnehmender Temperatur, besonders wenn es anfängt, sich dem rothglühenden Zustande zu nähern, beim Schmieden und Bearbeiten

Risse und Sprünge an den Kanten erhält. Dies Eisen nennt man rothbrüchig (auch wohl weiß- und heißbrüchig, wenn es den Fehler des Rothbruchs im höchsten Grade besitzt). Immer ist Mangel an Schweißbarkeit die Ursache des Rothbruchs, welcher sich in einem geringeren Grade dadurch äußert, daß das glühende Stabeisen unter dem Hammer unganz wird, d. h. daß es Schiefer bekommt und sich spaltet, welche Schiefer und Spalten sich, durch erneuerte Hitzen und durch abermalige Behandlung unter dem Hammer, mit der übrigen Masse des Eisens nicht mehr vereinigen lassen. Das rothbrüchige Eisen (Fer métis) ist zur Bearbeitung im Feuer mehr oder weniger geschickt, je nachdem es den Fehler des Rothbruchs in einem geringeren oder höheren Grade besitzt, obgleich es sich in der gewöhnlichen Temperatur als ein festes Eisen (Fer demi-fort), wohl sogar als Eisen erster Qualität (Fer fort) verhalten kann. Nicht gut ausgearbeitetes, oder noch zu rohes Stabeisen ist auch brüchig in der Hitze; man nennt diese Brüchigkeit aber Rohbruch, weil das rohbrüchige Eisen auch zugleich kaltbrüchig ist. Das in der Kälte leicht zersprengbare Stabeisen, (Fer tendre) das kaltbrüchige Eisen (§§. 66. 67.) läßt sich in der Regel sehr gut schweißen, und nimmt die Schweißhitze schon sehr bald an; es kann aber auch roth- und kaltbrüchiges Eisen geben, welches gehörig ausgefrischt, und daher nicht rohbrüchig zu nennen ist. Dies Stabeisen ist von allen Stabeisenarten das schlechteste und nur zu wenigen Zwecken noch anwendbar.

Zusammenschweißen der Eisendräthe (der Enden der eisernen Poldräthe) vermittelst der galvanischen Säule.

§. 105.

Wenn das Stabeisen im glühenden Zustande der Wirkung des Luftstroms ausgesetzt wird; so überzieht sich die Oberfläche desselben mit einer schwarzen Decke, die immer stärker wird, sich nach und nach abblättert, und so lange abfällt und immer wieder entsteht, bis das Eisen gänzlich darin verwandelt ist. Diese

Decke heißt Glühspan, Hammerschlag oder Schmiedesinter. Je stärker der Hitzgrad war, dem das Eisen ausgesetzt ward, je freier und ungehinderter die Luft zutreten konnte, und je größer die Oberfläche des Eisens war, desto schneller entsteht der Glühspan; des Einflusses nicht zu gedenken, den die Art des angewendeten Brennmaterials auf die schnellere oder langsamere Entstehung desselben haben kann. Nach Rinman's mühsamen Untersuchungen setzt das weiche Eisen früher und schneller Glühspan an, als das härtere Eisen.

Man hat die Beobachtung gemacht, daß ein kalter Windstrom aus einem Blasebalg auf Eisen geleitet, welches sich in der stärksten Weißglühhitze befindet, das Eisen bei der Bearbeitung auf dem Amboß heiß erhält. Befand sich das Eisen aber nur im Zustande der schwachen Weißglühhitze, so erkaltet es. — Stark weißglühendes Eisen wird durch Zublasen von Luft so heiß, daß es schmelzt und unter Funkensprühen verbrennt. Das Kaltwerden des nicht hinreichend stark erhitzten Eisens hat ohne Zweifel darin den Grund, daß der sich bildende Glühspan nicht schmelzen kann, sondern das Eisen überzieht und den weitern Luftzutritt verhindert, also auch die Quellen der weiteren Erhitzung abschneidet.

§. 106.

Wenn das Eisen in nicht zu starker Weißglühhitze dem Luftzuge ausgesetzt ist, so entsteht zwar nicht so häufiger und so starker Glühspan, als in starker Glühhitze; allein jener Glühspan ist feiner, fällt nicht so leicht ab, frißt sich tiefer ein, macht tiefere Gruben im Eisen und erhält zuletzt, wenn er einige Zeit, ohne abzufallen, ruhig liegen bleiben kann, eine dunkelbraune Farbe, die immer heller, und endlich lichte braunroth wird. Stabeisen, welches unter Hämmern bearbeitet wird, bekommt zwar durch lange anhaltendes Schmieden in abnehmenden Temperaturen keinen rothen Ueberzug, welcher die Stäbe unansehnlich macht, weil der entstehende Glühspan durch die Erschütterungen,

des Hammers immer wieder entfernt wird; dagegen muß man sich aber bei allem Eisen, welches unter Walzen bearbeitet wird, welche den Glühspan in die Eisenmasse eindrücken, sehr wohl vorsehen, die Stäbe, Bleche u. s. f. durch das sich bildende rothe Oxyd nicht unansehnlich zu machen. Dies kann nur durch schnelle Arbeit geschehen, bei welcher das Walzen in einer zu sehr gesunkenen Temperatur vermieden wird, nächstdem aber auch durch Zuleitung von Wasser, welches die Oberfläche des Eisens bedeckt und den Zutritt der Luft verhindert. — Das unter der Glühspandecke befindliche Eisen hat zwar bei einer schnellen Erhitzung in seiner Beschaffenheit nichts verloren, sondern besitzt noch dieselben Eigenschaften, die es vor dem Glühen hatte, wenn es vom Glühspan gereinigt ist; allein eine lange anhaltende Glühhitze, bei welcher die Luft Zutritt zu dem glühenden Eisen hat, scheint doch eine sehr nachtheilige Wirkung auf die Beschaffenheit des Eisens zu äußern. Abgesehen, daß es durch den entstehenden Glühspan sehr starken Gewichtsverlust oder Abbrand erleidet, findet man, daß es nach dem Erkalten von seiner Zähigkeit verloren und sich den Eigenschaften des weichen mürben Eisens genähert hat. Dieser Veränderung ist das weiche Stabeisen früher als das härtere ausgesetzt. Die Ursache scheint bloß in der nicht bekannten, mit der Bildung des Glühspans in Verbindung stehenden veränderten Fügung der Textur zu suchen zu seyn; denn wenn man ein solches überwärmtes oder verbranntes Eisen (welches vor dem Glühen alle Eigenschaften eines guten Eisens zeigte, und nur durch das Glühen mürbe geworden ist) auf solche Weise in eine Weißglühhitze versetzt, daß aller Luftzutritt vermieden wird (in guter flüssiger Schlacke, statt deren auch eine reine Glasdecke genommen werden könnte); so bekommt es nach dem Erkalten wieder alle Eigenschaften des guten Eisens. Es ist daher nothwendig, die Erhitzung des Eisens immer so schnell als möglich stattfinden zu lassen. Daß ausgeglüheter Drath eine ungleich geringere Festigkeit besitzt,

als nicht ausgeglüheter, ist schon oben (§§. 43—51.) gezeigt; auch sind die wahrscheinlichen Ursachen dieses Verhaltens dort angegeben.

Beispiel an der Fabrikation des Stabeisens bei schlecht gehenden Gebläsen, oder bei wenig Hitze gebenden Kohlen; bei der Erhitzung des Eisens unter Umständen, wo es leicht verbrennen kann, vor den Gebläsen und im Flammofen.

Rinman a. a. O. I. 276—306.

§. 107.

Nicht bloß der durch die Entstehung des Glühspans bewirkte Verlust, sondern die zuletzt erfolgende gänzliche Unbrauchbarkeit des eisernen Geräthes, welches oft oder anhaltend der Glühhitze ausgesetzt werden muß, würde es sehr wünschenswerth machen, das Eisen mit einem Ueberzuge versehen zu können, durch welchen es gegen den Zutritt der Luft geschützt wird, weil die Beschaffenheit des Eisens alsdann unverändert bleiben würde. Ein solcher Ueberzug, der allen Forderungen genügte, ist aber theils nicht bekannt, theils hält er in stärkeren Hitzgraden nicht aus, weshalb man sich damit begnügen muß, die Entstehung des Glühspans möglichst zu verhindern, welches durch Vermeidung einer ungleichartigen Hitze, wobei das Eisen zuweilen abgekühlt und dann wieder geglüht wird, besonders durch die möglichste Verminderung des Luftzutritts, am besten geschieht.

(Ein Ueberzug, der weder reißt noch springt, sondern mit dem Eisen gleichsam zusammenwächst, weshalb er auch als Eisenkitt und zum Verstreichen der Fugen besonders zu empfehlen ist, weil er keine Dämpfe durchläßt, besteht aus 1 Theil Ziegelmehl, 1 gebranntem Kalk, 1 gebranntem Gyps, 2 Eisenfeile (oder Hammerschlag in Ermangelung der Eisenfeile) und 1 zerstoßenem Glas, dem Maaße nach. Dies Gemenge wird mit frischem Ochsenblut zu einer Salbe gemacht und zum Bestreichen angewendet. Eine sehr starke Hitze hält dieser Ueberzug nicht aus, widersteht aber doch der Rothglühhitze. — Für einen stärkeren

Feuersgrad ist ein Beschlag aus Thon und Hammerschlag, mit frischem Pferdemist von grasfressenden Pferden, zu empfehlen). Rinman a. a. O. I. 308—337. Kastner's Deutsch. Gewerbsfreund, B. I. H. 3. S. 301.

§. 108.

Weil die Erzeugung sowohl als die Verarbeitung des Stabeisens, ohne Zutritt der Luft zu dem Arbeitsraum niemals geschehen kann, so bleibt die Verhinderung des Luftzutritts zu dem glühenden Eisen die Hauptsache. In den Frisch- und Schmiedeheerden wird dies theils durch den schmelzenden Glühspan (Hammerschlacke) selbst, theils durch Bestreuen des Eisens mit Sand und Schlacke (Schweißsand), auch wohl mit Thon, welcher indeß dazu nicht immer sehr zu empfehlen ist, bewirkt. Es bildet sich dadurch eine flüssige Schlacke, welche das glühende Eisen überall umgiebt und es gegen den Luftstrom schützt. Könnte diese Schlacke das Eisen so ganz genau umgeben, als geschmolzenes Glas ein im Tiegel glühend gemachtes Eisen bedecken kann, so würde das Eisen im Frisch- und Schmiedeheerde auch ganz unverändert bleiben, so wie das Eisen, welches, mit Glas bedeckt, in einem Tiegel der heftigsten und anhaltendsten Weißglühhitze ausgesetzt wird, alle seine Eigenschaften unverändert beibehält, und durch das Glühen nur seine Sprödigkeit verliert (§. 94). Dies ist indeß nicht möglich, sondern das Eisen wird dem Luftstrom mehr oder weniger ausgesetzt, und erleidet dann die im §. 106. angeführten Veränderungen in einem größeren oder geringeren Grade. **Schnelle** und **starke Hitze** ist daher, zur Verminderung des Abbrands sowohl, als auch, um der Güte des Stabeisens nicht zu schaden, die Hauptsache. In den Fällen, wo es sich nicht vermeiden läßt, das zu bearbeitende Eisen dem Luftstrom auf einige Zeit auszusetzen, pflegt man es wohl mit einem Ueberzuge zu versehen, welcher indeß die Nachtheile, die durch ein zu lange anhaltendes Glühen beim Luftzutritt, oder durch die sogenannten **trockenen Hitzen** entstehen,

nicht aufheben kann, sobald sich die Entstehung des Glühspans, durch den völligen Ausschluß der Luft, nicht völlig vermeiden läßt. Reiner weißer Sand ist immer das beste Mittel, um das Eisen gegen den Abbrand zu schützen.

Beispiel. Ueberziehen der Blechstürze mit Lehmwasser und Kohlenstaub.

Rinman a. a. O. I. 312 u. f.

§. 109.

In den meisten Fällen ist man bei der Verarbeitung des Eisens in der Hitze auch genöthigt, dasselbe mit glühenden Kohlen unmittelbar in Berührung zu bringen, wodurch sehr oft Erscheinungen, die den eben angeführten entgegen sind, veranlaßt werden. Stabeisen, welches, mit glühenden Kohlen umgeben, der Glühhitze nur kurze Zeit ausgesetzt wird, erfährt keine andere Veränderung als die gewöhnliche, daß es weicher wird (§. 94). Die Kohle leistet hier nur den Dienst einer Decke gegen die andringende Luft (§. 108). Eisen, welches durch kaltes Hämmern ꝛc. spröde geworden, aber von Natur gutartig ist, und das durch anhaltendes trockenes Glühen verbrannte, oder vielmehr ausgedörrte Eisen, verliert seine Sprödigkeit und seine Mürbheit, wenn es, vollkommen mit Kohlen bedeckt, geglüht wird. Soll dem Eisen die durch trockene Hitzen verloren gegangene Zähigkeit wieder gegeben werden, so wird dazu schon eine starke Schweißhitze und ein darauf folgendes mechanisches Zusammenpressen erfordert, weshalb das Glühen zwischen Kohlen bis zum Weißglühen gebracht, und der Zutritt der Luft völlig verhütet werden muß. In fließender Schlacke läßt sich der Zutritt der Luft eher und vollkommener verhüten, als zwischen Kohlen, weshalb man sich auch gewöhnlich dieser saftigen Schweißhitzen bedient.

§. 110.

Geschieht das Glühen des Eisens zwischen den brennenden Kohlen vor dem Gebläse, so gehört eine genaue Kenntniß dazu,

das Eisen nicht zu verbrennen. Weil die Kohlen das glühende Eisen nicht überall umgeben können, so muß es der Arbeiter zur rechten Zeit nicht an Schweißsand fehlen lassen, um sich eine künstliche Decke zu bereiten, wenn er nicht durch die Arbeit selbst schon ein Schlackenbad in seinem Arbeitsraum erhalten hat. Der Glühspan selbst, welcher bei der mechanischen Bearbeitung des Eisens abfällt, ist die beste Decke für das Eisen, welches in kleinen Schmiede- und Schweißheerden bearbeitet wird. So erfolgreich die guten Hitzen selbst für solches Eisen sind, welches schon die Wirkungen einer zu lange anhaltenden trocknen Hitze erfahren hat; so schwierig ist es doch, gute Hitzen zu machen und das Eisen nicht zu verbrennen. Wird dasselbe nämlich dem Luftstrom zu sehr ausgesetzt, so verschlackt sich der immer neu entstehende Glühspan nicht allein, und wird zur sogenannten Hammerschlacke; sondern das nicht verbrennende Eisen wird auch so schlecht und mürbe, daß es mit dem eingehaltenen Eisen nicht zu vergleichen ist. So einfach dies alles scheint, so lehrt doch die tägliche Erfahrung, daß ungeschickte und unwissende Schmiede das beste Eisen verderben. Das durch anhaltende trockene Schweißhitzen erhaltene, so genannte verbrannte Eisen, ist deshalb nicht mürbe und brüchig geworden, weil es, — wie die Analysen von solchem Eisen ergeben, — seinen Gehalt an Kohle gänzlich verloren, sondern weil es eine Veränderung im Gefüge erlitten hat, indem die zackig-sehnige Bruchfläche verschwunden und statt derselben eine krystallinisch körnige Textur eingetreten ist, welche, wenn das Verbrennen in einem hohen Grade statt fand, sogar zu Rissen und Sprüngen in der Eisenmasse Veranlassung giebt und den Zusammenhang theilweise aufhebt. Diese Aufhebung des Zusammenhanges steht mit dem Hervortreten der krystallinischen Textur in Verbindung und läßt sich nicht anders als durch Anwendung von saftigen Schweißhitzen und durch mechanisches Zusammenpressen des schweiß-

warmen Eisens unter Hämmern oder Walzen, wieder beseitigen.

Beispiele. Das Verbrennen des Eisens und Stahls im Sauerstoffgas zeigt das Verbrennen des Eisens im Kleinen. — Funkensprühen beim Feuerschlagen.

§. 111.

Wird Stabeisen der Wirkung der glühenden Kohle in anhaltender Weißglühhitze und ohne den mindesten Zutritt der Luft ausgesetzt, so wird es nicht weicher, obgleich es, wenn es sonst von Natur gut war, keine Sprödigkeit behält, sondern es nimmt alle Eigenschaften des Stahls an. Wirklich ist dies auch das Mittel, Stahl aus Stabeisen zu bereiten, und die Fabrikation des Cementstahls beruht auf jener Erfahrung. Ist die Hitze nicht anhaltend, oder nicht stark genug gewesen, so hält das behandelte Eisen das Mittel zwischen dem harten Eisen und dem Stahl. Der geringste Zutritt der Luft bewirkt aber das Verbrennen des Eisens, nämlich die Entstehung des Glühspans, welcher sich in der Hitze augenblicklich wieder verschlackt.

§. 112.

Wenn die Hitze noch mehr verstärkt, und das Stabeisen mit Kohlen, und unter Vermeidung alles Luftzutritts (in bedeckten Tiegeln im Windofen) zum wirklichen Fluß, oder zum Schmelzen gebracht wird; so entsteht entweder Stahl, oder weißes, oder graues Roheisen. Die Bedingungen, unter denen der eine oder der andere dieser Körper beim Schmelzen des Stabeisens mit Kohle in bedeckten Gefäßen dargestellt wird, sind noch nicht recht bekannt. Es scheint, daß es hierbei auf den Grad der Hitze ankommt, um das Stabeisen zur Aufnahme von mehr oder weniger Kohle zu disponiren, weil es bei allen angestellten Versuchen niemals an Kohle gefehlt hat, sondern das Stabeisen davon bei einem Versuch eben so viel, als bei dem anderen, hätte aufnehmen können, wenn bloß die Quantität der Kohle

entscheidend gewesen wäre. Eigentlich graues Roheisen habe ich bei solchen Schmelzversuchen niemals erhalten, sondern immer nur Stahl oder weißes Roheisen. Nur dasjenige Stabeisen, welches lange und anhaltend in starker Hitze zwischen Kohlen geglühet und zuletzt in einer sehr heftigen Hitze zum Schmelzen gebracht wird, verwandeit sich wirklich in graues Roheisen.

Tiemann, über die Wirkung der Kohle auf das Eisen, in Hinsicht der Eisen- und Stahlerzeugung. v. Crell's chem. Annalen f. 1803. I. 235—240. 293—297. Auch in Gehlen's Neuem allg. Journ. f. Chem. III. 640—669.

§. 113.

Selbst in den größeren Arbeitsräumen, worin Stabeisen mit Kohlen vor dem Gebläse behandelt wird, geschieht es wohl, daß der Arbeiter in den entgegengesetzten Fehler des Verbrennens des Eisens fällt (§. 110.) und Gelegenheit zur Verbindung des Stabeisens mit Kohle giebt. Man sagt dann, das Stabeisen sei wieder roh geworden. Dieser Fall kommt indeß weniger häufig vor, und wenn es geschieht, so ist das Eisen durch mehre starke Schweißhitzen wieder zu verbessern, wenn der Arbeiter aus zu großer Besorglichkeit das Eisen nicht zu roh gemacht hat, indem er es nicht wagte, es dem Windstrom im geringsten auszusetzen, um es nicht verbrennen zu lassen. Durch das beständige Halten des Eisens unter dem Winde zwischen den glühenden Kohlen kann es wohl kommen, daß das Stabeisen nicht blos stahlartig, sondern sogar roheisenartig wird.

Rinman a. a. O. II. 593 u. f.

§. 114.

Wenn das Eisen durch den Zusatz von Kohlenstaub zum Schmelzen gebracht wird, so geschieht dies immer nur mit Verlust aller seiner Eigenschaften, indem es entweder zu Stahl oder zu Roheisen wird. Mit Beibehaltung seiner Natur und Eigenschaften hat man das Eisen zeither gar nicht schmelzen zu können

geglaubt. Daß dies in einem sehr hohen Schmelzgrade allerdings möglich sey, haben Versuche dargethan. Die gänzliche Ausschließung aller Kohle, die gänzliche Vermeidung alles Luftzutritts, und ein außerordentlich hoher Grad von Hitze, sind dazu die Bedingungen. M'Kenzie zeigte, daß das reine Stabeisen (angeblich in einer Temperatur von 158 bis 160° Wedgw. oder von 21 bis 22,000° Fahr.) flüssig werde, und nach dem Erkalten alle seine Eigenschaften als Stabeisen behalte. Da der Schmelzpunkt des Stabeisens fast der höchste Hitzgrad ist, den man durch die am stärksten ziehenden Windöfen hervorbringen kann; so ist es unmöglich, den Hitzgrad anzugeben, in welchem das Eisen zu verdampfen oder sich zu verflüchtigen anfängt. So interessant es auch für die Wissenschaft ist, zu wissen, unter welchen Verhältnissen und Bedingungen das Eisen schmelzt, so ist doch die Eisenhüttenkunde noch weit davon entfernt, von dieser Eigenschaft Gebrauch zu machen, weil die Schweißbarkeit des Eisens dasselbe zu jeder Anwendung geschickt macht, und weil die außerordentlich hohe Temperatur, welche zum Schmelzen des Stabeisens nöthig ist, ein zu großes Hinderniß verursacht, um von seiner Schmelzbarkeit mit ökonomischen Vortheilen bei der Eisenverarbeitung Anwendung zu machen. Das geschmolzene reine Stabeisen hat eine silberweiße Farbe, einen zackigen Bruch, ist sehr weich und wird daher durch mechanisches Zusammenpressen leicht sehnig. Das specifische Gewicht dieses geschmolzenen Stabeisens steigt wohl nicht über 7,7.

Im Parkerschen Brennspiegel flossen 10 Grad Stabeisen, nach dem in London gemachten Versuche, in 12 Sekunden.

M'Kenzie in Nicholson's Journal of chemistry etc. IV. 109.

Collet-Descotils sur la conversion du fer en acier, dans des creusets fermés sans contact d'aucune substance contenant du carbone, annoncée par Mushet, et sur la facile fusion du fer; im Journal des mines, Nr. 77. p. 421—423.

2. Verhalten des Stahls in der Glüh- und Schmelzhitze.

§. 115.

Der Stahl verhält sich im Allgemeinen in den höheren Hitzgraden, wie das Stabeisen, und zwar wie die harte Abart desselben. Er schweißt früher als das Stabeisen (§. 104.), und setzt beim Zutritt der Luft nicht so schnell Glühspan an, als dieses (§. 105). Durch lange anhaltende trockene Glühhitze ist er endlich denselben Veränderungen, wie das Stabeisen, unterworfen (§§. 106—108.), nur treten diese Veränderungen nicht so schnell ein, auch verliert der Stahl erst seine Stahlnatur, und erhält dagegen die Eigenschaften des Stabeisens. Einiger Stahl wird durch oft wiederholtes Ausschweißen in trockener Hitze früher zu Stabeisen, als anderer. Der durch viele trockene Schweißhitzen zu Stabeisen umgeänderte, und endlich mürbe gewordene Stahl erhält seine Stahlnatur durch bloße saftige Schweißhitzen (§. 109.) nicht wieder, sondern giebt dann nur, wenn er selbst von guter Natur war, ein gutes festes Stabeisen. Es versteht sich, daß alle diese Veränderungen nur bei anhaltender Schweißhitze bei nicht völliger Vermeidung des Luftzutritts eintreten; in einer schnellen, nicht trockenen Schweißhitze bleibt die Natur des Stahls nicht ungeändert, und in einer anhaltenden Schweißhitze, in welcher aller Luftzutritt gänzlich vermieden werden könnte, würde er ebenfalls ungeändert bleiben und nur noch gleichartiger und feiner im Korn werden. So wenig der ungehärtete Stahl in der Glühhitze und bei abgehaltenem Luftzutritt, irgend eine Veränderung in seinen Eigenschaften erleidet; so wesentlich sind die Veränderungen, welche mit dem gehärteten Stahl vorgehen. Dieser verliert seine Härte und seine Farbe, wenn er langsam erkaltet, und tritt wieder in denselben Zustand zurück, in welchem er sich befand, ehe er gehärtet worden war. Diese Umwandlung des harten, weißen

und spröden Stahls in ein Metall, welches die Eigenschaften des besten und geschmeidigsten Stabeisens besitzt, so wie umgekehrt des letzteren in einen harten, weißen, klingenden und spröden Körper, läßt sich durch langsames oder durch plötzliches Erkalten nach dem Glühen, so oft vornehmen, als man will. Das Ausglühen entzieht dem Stahl also alle Härte und benimmt ihm seine lichte Färbung, welche er nur durch schnelle Abkühlung in der Glühhitze wieder erlangt.

Rinman a. a. O. II. 519.

§. 116.

Auf den Umstand, daß der Stahl in einer starken Schweißhitze und beim Zutritt der Luft etwas von seiner stahlartigen Beschaffenheit, d. h. von der Eigenschaft, durch plötzliches Abkühlen hart zu werden, verliert, und immer mehr und mehr die Eigenschaften des Stabeisens erhält, gründet sich auch die Erfahrung, daß das feste harte Eisen in einer solchen Schweißhitze seine natürliche Härte verliert, und weicher, d. h. stabeisenartiger wird. Hartes, mürbes Eisen behält seine Härte und wird noch mürber. Von der Aufhebung der Sprödigkeit des Eisens, welche eine Folge der demselben mitgetheilten Härte ist (§. 39.), ist hier nicht die Rede, weil es dazu keiner Weißglühhitze bedarf (§. 94).

§. 117.

Weil der Stahl beim Verbrennen, oder bei anhaltend trockenen Hitzen, seine stahlartige Beschaffenheit völlig einbüßt, so ist es bei der Bearbeitung desselben vor dem Gebläse noch nothwendiger, ihn durch Schweißsand oder durch künstliche Schlackendecken gegen die Wirkung der Luft zu schützen, als beim Stabeisen (§. 110). Was beim Stabeisen, um es nicht wieder roh zu machen, vermieden werden mußte, nämlich es stets unter dem Winde zu halten (§. 113.), muß beim Stahl nothwendig befolgt werden, obgleich auch hier eine Gränze stattfindet, aus Gründen, die weiter unten mehr einleuchten werden.

§. 118.

Wenn der weiche Stahl einer anhaltenden Schweißhitze, ohne Luftzutritt, ausgesetzt wird, so bleibt er unverändert (§. 115). Wird der Luftzutritt aber nicht durch eine Schlackendecke, sondern durch Kohlenstaub abgehalten, und bleibt der Stahl mit dem Kohlenstaub einer *lange anhaltenden* starken Glühhitze ausgesetzt, so wird er mürbe, und verliert zuletzt, mit Beibehaltung seiner körnigen Textur, alle seine Festigkeit, so daß ihm Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit, und zuletzt auch die Schweißbarkeit abgehen und er einen roheisenartigen Zustand angenommen zu haben scheint. Wird die Hitze bis zum wirklich erfolgenden Schmelzen des Stahls fortgesetzt, so erscheint er auch wirklich als *Roheisen*. Er verhält sich also unter diesen Umständen eben so wie das Stabeisen (§. 112).

§. 119.

Soll daher der Stahl umgeschmolzen werden, ohne seine stahlartige Natur zu verlieren, so muß auf der einen Seite aller Luftzutritt abgehalten werden, weil er sonst verbrennen würde, und auf der anderen Seite darf er, wenn er in Kohlentiegeln geschmolzen wird, keine langsame Hitze erhalten, noch weniger eine starke Decke von Kohlenstaub bekommen. Sehr rasche Schmelzhitze und ein gut passender Deckel werden zur Bereitung des *Gußstahls* aus dem umzuschmelzenden Stahl nothwendig erfordert. Wenn er unter einer Decke von nicht kohlehaltigen Substanzen in Fluß erhalten wird, so behält er nicht allein seine stahlartigen Eigenschaften, sondern er wird noch weit feiner und gleichartiger, als er vor dem Umschmelzen war (§. 115). Das Umschmelzen des Stahls ist daher ein noch weit besseres Mittel aus hartem und weichem Stahl, durch die verschiedenen, durch die Erfahrung auszumittelnden Beschickungen dieser Stahlsorten, einen Stahl von jeder verlangten Härte darzustellen, als das Zusammenschweißen der härteren mit den weicheren Stahlsorten gewähren kann. Man würde dies Mittel deshalb auch gewiß

allgemein anwenden, wenn nicht der hohe Hitzgrad, den der Stahl zum Schmelzen erfordert, wegen der anzuwendenden Gefäße, eine große Schwierigkeit verursachte und, wegen des Aufwandes von Brennmaterial, mit großen Unkosten verknüpft wäre. Ein Zusatz von 1 bis 2 Procent reiner Kohle, scheint beim Umschmelzen einiger Stahlarten (besonders des Cementstahls) nicht allein nicht nachtheilig, sondern sogar vortheilhaft zu seyn, weil er dadurch noch härter, obgleich in dem Verhältniß der zunehmenden Härte auch schwieriger zu bearbeiten wird.

Rinman a. a. O. II. 625. 639.

3. Verhalten des Roheisens in der Glüh- und Schmelzhitze.

§. 120.

Die Schweißbarkeit, welche dem Stabeisen und dem Stahl zukommt, scheint dem Roheisen gänzlich zu fehlen. Das weiße Roheisen ist völlig unschweißbar, weil es bei den niedrigsten Graden der Schweißhitze, wenn nicht vollkommen flüssig, doch schon teigartig wird, weshalb eine Vereinigung der Eisentheilchen nicht erfolgen kann. Dagegen ist aber das graue Roheisen, welches schon einen ungleich höheren Grad der Schweißhitze zum Flüssigwerden erfordert, wirklich schweißbar (§. 68.); nur ist der Uebergang aus der Schweißhitze in den flüssigen Zustand so schnell, daß eine außerordentliche Aufmerksamkeit erfordert wird, das Aneinanderschweißen zu bewerkstelligen. Jene Schwierigkeit wird durch den Verbindungszustand, in welchem sich das Eisen mit der Kohle im grauen Roheisen befindet, auf eine rein mechanische Weise noch mehr erhöhet; so daß dem grauen Roheisen die Schweißbarkeit eben so wenig wie dem sehr harten Stahl, dessen Schweißbarkeit auch nur sehr geringe ist, abgesprochen werden kann. Eine praktische Anwendung von der

Schweißbarkeit des grauen Roheisens wird man nicht leicht machen, weil es sich im Zustande der Flüssigkeit ungleich zweckmäßiger benutzen und wie manche andere Metalle, Kupfer, Silber u. s. f. in Formen leiten läßt.

Gill, über das Schweißen des Gußstahls und des Roheisens; im Archiv f. Bergb. u. Hüttenwesen, Bd. II. Heft 1. S. 174.

§. 121.

Wird das Roheisen in den verschiedenen Graden der Glühhitze dem Luftstrom ausgesetzt, so überzieht es sich, eben so wie das Stabeisen und der Stahl, mit Glühspan. Beim Roheisen sind dazu aber anhaltendere Hitze und längere Zeit erforderlich; auch ist der Glühspan niemals so fein, sondern immer rauher und stärker, als bei dem geschmeidigen Eisen. Der Glühspan ist um so lockerer, je schneller die Hitze gegeben wird; auch verschlackt er sich in starker Hitze sehr leicht, und gewährt alsdann eine natürliche Decke, unter welcher das weitere Verbrennen nur sehr langsam erfolgt. Bleibt das Roheisen aber lange Zeit einer schwächeren Glühhitze bei freiem Luftzutritt ausgesetzt; so ist der Glühspan feiner, und geht aus der schwarzen Farbe nach und nach in eine braune, violette, röthliche, und endlich ganz rothe Farbe über. — Ueberzüge, um den Luftzutritt in sehr hohen Temperaturen abzuhalten, kennt man noch nicht; man beschlägt die gegossenen eisernen Gefäße, welche einer anhaltenden Glühhitze ausgesetzt werden müssen, zwar mit einer Decke von Lehm: indeß hält diese in sehr hohen Glühgraden auch nicht aus, und man muß alsdann nur den Luftzug möglichst zu verhüten, und eine öfters abwechselnde Erhitzung und Erkältung der Gefäße zu vermeiden suchen.

§. 122.

In einem höheren Grade der Hitze, welche man, obgleich ganz gewiß zu niedrig, zu 1530° C bestimmt hat, kommen beide Roheisenarten in Fluß; das weiße früher als das graue. Das letztere wird aber vollkommener flüssig oder dünnflüssiger,

als das erstere. In diesem Zustande der Flüssigkeit bietet sich eine scheinbare Anomalie gegen das unwandelbare Gesetz dar, daß die Wärme die Körper ausdehnt. Das flüssige Roheisen scheint nämlich dichter zu seyn, also weniger Volumen einzunehmen, als das feste, weil das letztere auf dem ersteren schwimmt. Dies Verhalten hat das Roheisen indeß mit mehren anderen Körpern (mit Wismuth, Zink, Schwefel) gemein, welche bei dem Uebergange aus dem flüssigen in den starren Zustand, statt sich zusammenzuziehen, eine krystallinische Gestalt annehmen und sich dadurch ausdehnen. Diese Eigenschaft macht das Roheisen gerade sehr geschickt und anwendbar zum Vergießen, weil es beim Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand die Formen besser erfüllt und weniger schwindet. Das kalte Roheisen ist es indeß nicht, welches auf der Oberfläche des geschmolzenen schwimmt, sondern die noch nicht geschmolzenen Stücken, welche aber durch die Hitze schon stark ausgedehnt worden sind. Kaltes Roheisen sinkt in dem flüssigen von derselben Art wirklich zu Boden. — Das weiße Roheisen besitzt die Eigenschaft, sich beim Erkalten zusammen zu ziehen, in einem höheren Grade, oder es schwindet stärker als das graue, weshalb bei der Anwendung des weißen Roheisens mehr auf das Schwinden desselben, und beim grauen Roheisen zugleich auf den Umstand Rücksicht genommen werden muß, daß es die Räume der Formen ausfülle, weshalb der Ausdehnung der Roheisentheile, welche in dem Augenblick des Erstarrens bei dem grauen Roheisen einzutreten scheint, durch mechanischen Druck (durch höhere Eingüsse) Gränzen gesetzt werden müssen.

Rinman a. a. O. I. 229 u. f.

§. 123.

Für die praktische Anwendung ist es sehr wichtig, die Größe des Schwindens des Roheisens bei seinem Uebergange aus dem flüssigen in den starren Zustand genau zu kennen, weil die Formen zu allen Gußwaaren, welche ein sehr genaues und bestimmtes

Maaß haben sollen, um so viel größer gemacht werden müssen, als die Schwindgröße beträgt. Es scheint, daß diese Größe des Schwindens zwischen den Gränzen der Zahlen $\frac{1}{97}$ bis $\frac{1}{99}$ liegt, so daß 100 Roheisen im flüssigen Zustande, nach dem Erkalten nur eine Dimension von 97 bis 99 behalten. Damit die fertigen Gußwaaren daher die Dimensionen erhalten, welche sie nach dem Erkalten bekommen sollen, müssen die Maaßstäbe, nach denen die Formen angefertigt werden, um 1 bis 3 Procent größer angefertigt werden. Um z. B. ein Gußstück von 100 Zoll Länge (Breite und Dicke) zu erhalten, muß dem Maaßstab, nach welchem die Form angefertigt wird, für jede 100 Zoll eine Länge von 101 bis 103 Zoll zugetheilt werden. Die Größe des Schwindmaaßes ist für jedes Roheisen durch einen besonderen Versuch auszumitteln, wenn es darauf ankommt, dieselbe genau zu kennen. Im mittleren Durchschnitt läßt sich für gutes graues Roheisen ein Schwindmaaß von $1\frac{1}{2}$ Procent annehmen, indeß schwindet manches Roheisen ungleich weniger und anderes wieder etwas mehr.

§. 124.

Die Größe, um welche das Roheisen, bei dem Uebergange aus dem geschmolzenen in den erstarrten und erkalteten Zustand, seinen Raum vermindert, ist nicht bloß von der Beschaffenheit des Roheisens allein, sondern auch von dem Grade der Hitze abhängig, in welchem es sich im flüssigen Zustande befindet. Ein und dasselbe Roheisen muß nothwendig stärker oder weniger schwinden, je nachdem es mehr oder weniger über dem eigentlichen Schmelzpunkt erhitzt war. Deshalb schwindet, unter möglichst gleichen Umständen, das bei heißem Winde erblasene Roheisen etwas mehr, als das bei kaltem Winde erblasene. Die Differenz beträgt, nach mehren auf verschiedenen Oberschlesischen Hüttenwerken vorgenommenen Prüfungen, etwa $\frac{1}{8}$ Procent, dergestalt, daß das bei kaltem Winde erblasene graue Roheisen sein Volumen um $1\frac{1}{4}$, und das bei heißem Winde erblasene um $1\frac{3}{8}$ Proc.

verminderte. Wird das Roheisen in Kupol- oder Flammöfen umgeschmolzen, so kann sich das Schwindmaaß leicht ändern, je nachdem das Eisen beim Umschmelzen eine höhere oder eine niedrigere Temperatur erhält, als es beim Abstechen oder beim Ausschöpfen aus dem Gestell des Hohofens gehabt hat. Geübte Gießer werden daher, wenn das Roheisen eine sehr hohe Temperatur angenommen hat, das flüssige Eisen in den Pfannen und Schöpfkellen entweder so lange stehen und sich abkühlen lassen, bis es die Temperatur erlangt hat, für welche das Schwindmaaß berechnet ist; oder sie werden, wenn die Temperatur durch einen Zufall sehr hoch gesteigert ist, wohl sogar etwas kaltes Roheisen in die Pfannen bringen und dasselbe in dem flüssigen Eisen sich auflösen lassen, um das Roheisen dadurch auf die angemessene Temperatur zurück zu führen. Es ergiebt sich daraus aber, daß es nicht möglich ist, die Größe der Volumenverminderung eines und desselben Roheisens von dem geschmolzenen bis zum erstarrten Zustande genau anzugeben, so lange die Temperatur nicht bekannt ist, welche das geschmolzene Roheisen besitzt und welche sehr verschieden seyn kann. Der Gießer wird daher, wenn er immer mit einer und derselben Roheisenart zu thun hat, seinem geübten Auge vertrauen müssen, wenn er diejenige Temperatur berücksichtigen soll, bei welcher das Schwindmaaß festgestellt worden ist.

Zwar hat auch die Beschaffenheit der Formen, in welche das flüssige Roheisen geleitet wird, einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Dimensionen des Gußstückes; allein dieser Einfluß leitet sich nicht aus der Natur des Roheisens, dessen Volumenverminderung von einem bestimmten Grade der höheren Temperatur bis zum Erkalten eine bestimmte und unveränderliche Größe seyn muß, sondern von anderen Umständen ab. Erfolgt der Guß in eisernen Schaalen, oder in feuchtem Sande, so wird die Natur des Roheisens verändert (§. 126.) und diesem veränderten Roheisen kommt dann eine andere Größe der Zusam-

menziehung zu. Aber auch in Formen aus einem und demselben Material kann sich die Größe des Schwindens scheinbar erhöhen oder vermindern, je nachdem die Formen (Sandformen) fester oder lockerer eingestampft worden sind. Diese Veränderung in den Dimensionen des Gußstücks ist dann aber nicht von der veränderten Schwindungsgröße, sondern von fremden Ursachen abzuleiten. Aus demselben Grunde fallen die Gußstücke, welche in Lehm- oder in Massen-Form gegossen werden, immer etwas größer aus, als diejenigen, welche in fest gestampften Sandformen angefertigt sind, und diese wieder etwas größer, als die Gußwaaren in lockeren Sandformen, wenn der Form auch eine möglichst gleiche Größe zugetheilt war. Durch das Hineinleiten des flüssigen Roheisens in die Formen, werden diese mehr oder weniger auseinander getrieben oder erweitert, welches bei lockeren und leichter nachgebenden Formmassen in einem höheren Grade geschieht als bei Formmassen, die einen größeren Widerstand leisten. Daher ist es auch nicht immer möglich, eine vollkommene Kugel zu gießen, wenn auch die nach dem Modell angefertigte Form eine vollkommene Kugelgestalt besitzt; man wird das Modell absichtlich oval bearbeiten müssen, um das Gußstück als eine vollkommene Kugel zu erhalten. Die Geschicklichkeit und die Handfertigkeit des Formers müssen dahin gerichtet seyn, den Formen einen gleichen Grad der Widerstandsfähigkeit beim Einstampfen der Modelle zu geben, damit die Gußwaaren die verlangten Dimensionen erhalten, ein Zweck, der ohnedies durch den Einfluß des Schwindens des Roheisens, abgesehen von den fremdartigen Einflüssen, nur schwer zu erreichen ist.

Weil das graue Roheisen strengflüssiger ist, als das weiße, sich folglich im geschmolzenen Zustande in einem ungleich höheren Grade der Temperatur befinden muß, als das weiße, so wäre zu erwarten, daß das graue Roheisen auch stärker schwinden müsse, als das weiße. Dies ist aber nicht der Fall, und

schon daraus ergiebt sich die sehr verschiedenartige Natur beider Roheisenarten, wenn beide auch einen gleichen Gehalt an Kohle besitzen. Weißes Roheisen vermindert sein Volumen vom flüssigen bis zum erstarrten Zustande um 2, wohl gar um 2½ Procent. Eine genaue Angabe ist fast nicht möglich, so lange man den Grad der Temperatur nicht kennt, welchen das flüssige Roheisen über seinen Schmelzpunkt erhalten hat.

Wenn überhaupt die Frage beantwortet werden soll, um wieviel sich die Länge oder das Volumen des Roheisens von seinem flüssigen Zustande bis zum Zustande der Erstarrung und der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre vermindert; so kann nur von dem eigentlichen Schmelzpunkt einer jeden Roheisenart ausgegangen werden, denn sobald das Roheisen den Schmelzpunkt erreicht hat, und flüssig geworden ist, wird demselben durch eine stärkere Erhitzung noch eine additionelle Vergrößerung seines Volumens zugetheilt werden, welche, wie von selbst einleuchtet, von den Graden der Temperatur abhängig ist, um welche das Roheisen stärker erhitzt war, als der Schmelzpunkt es erforderte. Die Größe der Ausdehnung des Roheisens von der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre bis zum Schmelzpunkt, wird daher sehr verschieden seyn von derjenigen, welche man gewöhnlich als das Schwindmaaß für das Roheisen angegeben findet, indem bei diesen Angaben auf den höheren Grad der Temperatur, als derjenige ist, welcher den wahren Schmelzpunkt des Roheisens bezeichnen würde, nicht Rücksicht genommen worden ist. Obgleich daher dem in starker Hitze befindlichen geschmolzenen Roheisen ohne Zweifel eine größere Ausdehnung zukommen wird, als es in einer den Schmelzpunkt noch nicht erreichenden Glühhitze besitzt; so ist es doch noch keinesweges erwiesen, daß das Roheisen in einer Temperatur, welche dem Erstarrungspunkt nahe liegt, wirklich eine größere Dichtigkeit besitzt, also nicht so stark ausgedehnt ist, als in dem Augenblick, wo es in den flüssigen Zustand übergeht. Besonders scheint

dies bei dem grauen Roheisen sehr problematisch zu seyn, und es ist sogar sehr wahrscheinlich, daß wenigstens manches graue Roheisen in der Temperatur der Schmelzhitze — also auch in dem Augenblick des Erstarrens, — eine größere Dichtigkeit besitzt, als in den Temperaturen, welche der Schmelzhitze nahe liegen. Die Erscheinungen beim Erstarren einiger grauen Roheisenarten deuten unmittelbar darauf hin, indem die schon erstarrte Oberfläche des in eine Form geleiteten Roheisens, nach kurzer Zeit von einem Strom flüssigen Roheisens aus dem Inneren der Masse durchbrochen wird. Wahrscheinlich wiederholt sich diese Erscheinung auch bei dem ganz reinen Kupfer, dessen Dichtigkeit kurz vor der Schmelzhitze ebenfalls geringer seyn dürfte, als in der Temperatur, bei welcher die Schmelzhitze wirklich eingetreten ist. Bei manchem grauen Roheisen ist die Ausdehnung beim Erkalten, oder das Durchbrechen der schon erstarrten Oberfläche durch flüssiges Roheisen aus dem Inneren der erstarrenden Roheisenmasse, so bedeutend, daß es durch diese Eigenschaft zur Anwendung zu Gußwaaren unbrauchbar wird. Sogar wenn dies Roheisen im Kupolofen bei Koaks umgeschmolzen wird, behält es die Eigenschaft bei, sich beim Erkalten auszudehnen. Ob eine besondere Ursache zu dieser starken Ausdehnung vorhanden war, habe ich nicht ermitteln können, indem bei der Analyse; — außer dem wesentlichen Gehalt an Kohle und der gewöhnlichen Beimischung von Silicium, — nur etwas Mangan, nebst Spuren von Aluminium, Calcium, Magnesium, so wie von etwas Schwefel und Phosphor aufgefunden werden konnten. Diese Beimischungen sind in sehr vielen grauen Roheisenarten befindlich, ohne daß die letzteren dadurch die Eigenschaft, sich beim Erkalten auszudehnen, in einem bemerkbaren Grade erhalten. Ob aber dennoch nicht alles graue Roheisen in der Temperatur der Schmelzhitze ein größeres specifisches Gewicht besitzt, als in den dem Schmelzpunkt unmittelbar vorher-

gehenden Temperaturen, wird ein Gegenstand künftiger näherer Untersuchungen bleiben müssen.

§. 125.

Das graue Roheisen setzt in anhaltender, nicht zu starker Glühhitze beim Zutritt der Luft, einen pulverartigeren und lockerern Glühspan ab, als das weiße Roheisen. In der Weißglühhitze wird das graue Roheisen unter der Glühspandecke immer mürber und unzusammenhängender, wobei es sich nach und nach gänzlich in Glühspan auflös't. — Wird es aber in dem Zustand der Weißglühhitze nicht lange erhalten, sondern stärker erhitzt; so kommt der angesetzte Glühspan in Fluß und schmelzt zu einer glasartigen Schlacke und das graue Roheisen, welches den inneren Kern bildete, erscheint zu gleicher Zeit in einem vollkommen flüssigen Zustande. Bleibt es in diesem Zustande der Flüssigkeit einem starken Luftstrom noch länger ausgesetzt, so verschlackt es sich nach und nach gänzlich, wenn die entstehende Schlackenhaut immer wieder abgezogen wird. Ist der Luftstrom, welcher auf die flüssige Masse geleitet wird, nicht stark, sondern steht das flüssige Roheisen ruhig in der Schmelzhitze, wie in einem Bade; so wird die graue Farbe nach und nach immer lichter, aber niemals weiß; auch behält das Eisen beim Erkalten das körnige Gefüge und wird niemals strahlig oder blätterig auf der Bruchfläche, wie das weiße Roheisen. Mit der zunehmenden lichteren Farbe wird das Roheisen immer weicher, und erlangt einen größeren Grad von Geschmeidigkeit, als es vor dem Glühen und Schmelzen gehabt hatte; es nähert sich den Eigenschaften des Stabeisens, obgleich es die Schweißbarkeit nur in einem sehr geringen Grade besitzt. Merkwürdig ist es, daß das im flüssigen Zustande durch lange anhaltendes ruhiges Stehen an der Luft zu einem Grade von Dehnbarkeit gelangte graue Roheisen, sich beim Ausschweißen zwar spröde verhält (wie das schlecht gefrischte rohe Stabeisen), daß es aber durch Ablöschen im Wasser nur wenig härter wird, und sich in

dieser Rücksicht wie der weichste Stahl verhält. Je länger das geschmolzene graue Roheisen der ruhigen Einwirkung der Luft ausgesetzt bleibt, desto zäher, lichtgrauer und zackigförmiger wird es zwar; allein ein Theil verbrennt zugleich, und der durch dies Verbrennen entstehende große Eisenverlust sowohl, als auch die Schwierigkeit, die Oberfläche des Eisens oft zu erneuern, machen es theils in ökonomischer Rücksicht unanwendbar, theils auch höchst schwierig, das graue Roheisen auf diese Art in Stabeisen zu verwandeln.

§. 126.

Wird der Zutritt der Luft beim Glühen und bei der bis zum Schmelzen verstärkten Hitze, gänzlich abgehalten; so setzt sich nicht allein kein Glühspan an, sondern das höchst dünnflüssige graue Roheisen bleibt unter der Decke, welche die Luft abzuhalten bestimmt ist, vollkommen unverändert. Wird Kohlenstaub zur Decke gewählt; so scheint die ganze Veränderung darin zu bestehen, daß das Eisen eine noch etwas dunklere Farbe auf der Bruchfläche erhält. Läßt man dies fließende Roheisen ruhig erkalten, oder gießt man es in eine erwärmte oder gehörig trockene Form, so daß es langsam erkalten kann; so zeigt es nachher dieselben Eigenschaften, welche es vor dem Einschmelzen hatte, und kann mit Beibehaltung aller seiner Eigenschaften, so oft man will, wieder umgeschmolzen werden. Wird das fließende graue Roheisen aber plötzlich zum Erstarren gebracht, indem man es auf eine kalte Platte, oder in eine nasse Form, oder in Wasser gießt; so verändert es alle seine Eigenschaften, und wird aus einem grauen und weichen, ein weißer, harter und spröder Körper. In diesem Zustande verhält es sich dann wie das weiße Roheisen. Die Veränderung ist um so vollkommener, je plötzlicher die Erstarrung des grauen Roheisens seyn kann. In vielen Fällen entsteht aber kein vollkommen weißes, sondern nur ein sogenanntes halbirtes Roheisen. Durch das Bespritzen mit Wasser, durch das Granuliren, durch das Gießen

in sehr feuchtem Sand, oder in starken eisernen Formen, wird der Zweck am vollkommensten erreicht. Weil die Formen, in welche das Roheisen geleitet wird, wenn dasselbe zu Gußwaaren angewendet werden soll, immer noch einige Feuchtigkeit behalten, und weil das Eisen in dem Augenblick, als es die Form erfüllt, immer eine schnelle Abkühlung erleiden muß; so geschieht die Erstarrung des Roheisens an den Wänden der Form auch immer eher, als in der Mitte, weshalb Gußwaaren aus grauem Roheisen in der Mitte der Bruchfläche grau seyn können, und doch ganz weiße Ränder haben. Bei sehr starken Gußwaaren ist dies weniger der Fall, weil die Masse des Eisens zu groß ist; bei schwächeren Gegenständen ist die nach den Rändern zu fortschreitende weiße Farbe sehr deutlich und oft in einem auffallenden Grade zu bemerken; ganz schwache Gußwaaren pflegen auch wohl vollkommen weiß im Bruch auszufallen, wenn sie in nasse Sandformen gegossen werden, ungeachtet das graueste Roheisen dazu angewendet seyn kann. Läßt man graues Roheisen, in sehr dicken Massen, bis zu dem Grade erkalten, daß die Oberfläche kaum noch braunrothglühend erscheint, und beschleunigt man das Erkalten dadurch, daß man die ganze Masse in kaltes Wasser wirft, so zeigt sich auf der Bruchfläche des erkalteten Roheisens die umgekehrte Erscheiuung, indem sich der innere Kern in weißes Roheisen umgeändert hat, während die äußere Masse aus grauem Roheisen besteht. Der Kern war nämlich bei dem langsamen Erkalten der dicken Roheisenmasse noch nicht erkaltet und ward durch das Ablöschen im Wasser plötzlich zum Erstarren gebracht.

Beispiel. Anfertigung des Scheibeneisens. Blatteln oder Platteln. Rinman a. a. O. II. 689.

§. 127.

Das weiße Roheisen zeigt beim Glühen ein anderes Verhalten, als das graue. Wird es einer langsamen Glühhitze, unter Zutritt der Luft, ausgesetzt, so überzieht es sich ebenfalls mit

Glühspan, verliert unter der Glühspandecke sein strahlig-blättriges Gefüge, seine Härte und seine weiße Farbe immer mehr, und bekommt eine körnige Textur mit grauer Farbe, bei zunehmender Weichheit der Oberfläche. Die Sprödigkeit nimmt ab, es wird dehnbar und nähert sich in seinem Verhalten dem Stahl. Diese Veränderung wird beschleunigt, wenn das Roheisen mit lockeren unschmelzbaren Substanzen umgeben wird, welche das unmittelbare Zudringen der Luft abhalten, in ihren Zwischenräumen aber selbst noch etwas Luft enthalten, oder den schwachen Zutritt der Luft doch nicht gänzlich verhindern können. Aber auch selbst bei einem völlig abgehaltenen Luftzutritt erleidet dies weiße Roheisen in der anhaltenden Glühhitze jene Veränderungen in der Textur, Farbe und Härte, nur das die Veränderungen weit langsamer eintreten. Sogar das Kohlenpulver, welches doch alle hinzutretende Luft von dem Roheisen abhalten und dieselbe absorbiren würde, bringt ebenfalls diese Wirkung hervor; Reißblei thut bessere Dienste; noch bessere aber gebrannter Kalk, feuerfester Thon, Gallmei, Asche, ganz besonders Knochenasche. Alle diese Zusätze haben vorzüglich den Zweck, die Entstehung des vielen Glühspans zu verhüten. Das graue Roheisen, eben so behandelt, erleidet diese Veränderungen in einem ungleich geringeren Grade, besonders wenn Kohlenstaub zu der lockeren Decke angewendet wird.

Rinman a. a. O. II. 555—582. 730—736.

§. 128.

Ist das weiße Roheisen, entweder ganz unbedeckt, oder mit einer lockeren Decke von der eben angegebenen Art versehen, sehr lange Zeit der langsamen Glühhitze ausgesetzt gewesen; so wird es in einem weit höheren Grade strengflüssig. War die Glühhitze aber nicht stark, oder nicht anhaltend genug, so ist die Veränderung nicht beträchtlich, und erstreckt sich nur auf die Oberfläche. Verstärkt man den Hitzgrad nun schnell, so kommt der innere Roheisenkern, welcher die Veränderung noch nicht

erfahren hat, in Fluß, und die äußere Glühspandecke, unter welcher sich eine geschmeidige Stahlhaut befindet, bleibt als eine leere, hohle Hülle stehen. Das ausgeflossene Roheisen zeigt ein sehr verschiedenes Verhalten. War es vorher sehr lange der Glühhitze ausgesetzt, so fließt es sehr matt und dick, hat beim Erkalten ein körniges Gefüge, eine lichtgraue Farbe, ist weich und ziemlich dehnbar, oder nähert sich in seinen Eigenschaften dem schlechten Stahl. In diesem Zustande hat es aber eine so geringe Flüssigkeit, daß es in der gewöhnlichen Roheisenschmelzhitze nicht mehr tropfbar-flüssig wird. Ward es aber schnell bis zur Schmelzhitze gebracht, so daß es wenig Glühspan ansetzen konnte, so fließt es dünner, und behält beim Erkalten sein strahliges Gefüge, seine Härte und seine weiße Farbe. Dies geschieht auch, wenn es ohne allen Luftzutritt (in Tiegeln) oder zwischen Kohlen (in niedrigen Oefen oder in Heerden) in schwacher Hitze umgeschmolzen wird. Es kommt dann weit früher in Fluß, als das strengflüssigere graue Roheisen. Wird es in diesem Zustande dem starken Luftstrom ausgesetzt, so verschlackt es sich nach und nach gänzlich; bei einem schwachen Luftzutritt erleidet es die beim grauen Roheisen (§. 125.) bemerkten Veränderungen weit schneller, oder es wird weit früher geschmeidig, hat dann aber immer mehr Neigung, die Eigenschaften des Stahls, als die des Stabeisens anzunehmen.

Notice sur un fait observé à la fonderie de Verneuil; im Journ. des mines, Nr. 6. p. 38—40.

§. 129.

Weil das weiße Roheisen, welches nicht durch plötzliche Abkühlung aus dem grauen (§. 126.) entstanden ist, beim Umschmelzen immer wieder weiß wird, so ist man zeither der Meinung gewesen, daß das unmittelbar aus den Hohenöfen erhaltene weiße Roheisen sich nicht in graues verwandeln lasse. Das ist aber wirklich der Fall, wenn die Schmelzung in einer möglichst hohen Temperatur geschieht, und wenn die Erstarrung möglichst

verzögert wird. Das weiße Roheisen ändert sich nicht allein beim Umschmelzen in Schachtöfen, wenn nur die Temperatur sehr hoch gehaten wird, sondern auch beim Schmelzen in Tiegeln, sowohl in Kohlen-, als in Thon-Tiegeln, in graues Roheisen um. Nur dann findet diese Umwandlung nicht statt, wenn die Temperatur nicht viel höher gewesen ist, als das weiße Roheisen zum Flüssigwerden erforderte, und wenn die Abkühlung des flüssigen Roheisens zu schnell erfolgt. Alles weiße Roheisen, das Spiegeleisen nicht ausgenommen, läßt sich auf diese Weise, durch Umschmelzen in Thontiegeln, in das dunkelste graue Roheisen verwandeln. Sogar die luckigen Flossen (§. 18.) werden durch Schmelzen in Thontiegeln, bei starker Hitze und langsamer Erstarrung, in graues Roheisen umgeändert.

Stengel, über die Bildung des Graphit. Archiv für Bergbau. XV. 177. u. f.

§. 130.

Der eigentliche Unterschied im Verhalten zwischen dem grauen und dem weißen Roheisen in der Glüh- und Schmelzhitze besteht also darin, daß das graue Roheisen nicht so leicht Glühspan ansetzt, daß es seine roheisenartige Natur beim Glühen weit länger behält, daß es in der bloßen Glühhitze poröse wird und keine bedeutend größere Flüssigkeit als vor dem Glühen erhält, welche Porosität durch lockere Decken nicht verhindert, durch Kohlenstaub sogar noch befördert wird, daß es im flüssigen Zustande weit flüssiger ist, daß es seine Eigenschaften vor und nach dem Umschmelzen unverändert beibehält, wenn es im flüssigen Zustande nicht plötzlich abgekühlt wird, und daß es zum völligen Geschmeidigwerden längere Zeit und stärkere Einwirkung der Luft erfordert; wogegen das weiße Roheisen weit schneller zum Glühen kommt, eher Glühspan ansetzt, seine Roheisennatur beim Glühen weit früher verliert, in der Glühhitze unter der Glühspandecke weich, körnig und stahlartig wird, wobei die Entstehung des Glühspans durch lockere Decken beträchtlich ver-

mindert wird und im erweichten Zustande nur einer sehr schwachen Einwirkung der Luft bedarf, um einen hohen Grad von Geschmeidigkeit zu erlangen. Wird es sehr schnell zum Schmelzen gebracht; so behält es zwar seine Roheisennatur, fließt dann auch sehr dünn, verdickt sich aber bei abnehmender Temperatur sehr schnell, und behält dann beim Erkalten auch seine Härte, Textur, Farbe und Sprödigkeit. Wird ein solches flüssiges, weißes Roheisen in Formen gegossen, so nimmt die Sprödigkeit so zu, daß die gegossenen Stücken mehrentheils noch vor dem Erkalten zerspringen (§. 87). Wird dagegen beim Schmelzen eine sehr starke Hitze angewendet und die schnelle Abkühlung beim Erstarren vermieden, so verliert es sein Gefüge, seine Härte, Sprödigkeit und weiße Farbe, es wird körnig, weich, geschmeidig und bekommt eine graue Farbe oder es ändert sich vollkommen in graues Roheisen um.

§. 131.

Obgleich es also möglich ist, das graue sowohl als das weiße Roheisen, durch die Einwirkung der Luft bei höherer Temperatur, in den Zustand der Geschmeidigkeit zu versetzen, so ist doch das Verhalten beider Roheisenarten sehr verschieden. Das graue wird sich in der bloßen Glühhitze unter der Glühspan- oder unter einer anderen lockeren Decke wenig verändern, und sich nur sehr langsam zu einer porösen Masse umändern, welche zwar ebenfalls stahlartige Eigenschaften besitzt, aber an Festigkeit nicht bedeutend gewonnen hat. Das weiße erleidet dagegen in seiner ganzen Natur eine wesentliche Veränderung: es wird weich, körnig, vertauscht die weiße Farbe mit einer lichtgrauen, und bekommt einen solchen Grad von Geschmeidigkeit, daß es sich zusammenhängend ausrecken läßt. — In den Zustand der Flüssigkeit versetzt, wird das graue Roheisen sich nur sehr langsam bleichen; es bleibt länger flüssig, und erfordert eine stärkere Einwirkung der Luft, wogegen das weiße Roheisen sich bei einem weit geringerem Luftstrom schneller verdickt

und Geschmeidigkeit erlangt, aber dabei auch nicht weniger Glühspan ansetzt, oder stärkeren Abbrand erleidet als das graue Roheisen.

Beispiel. Braten des Scheibeneisens.

§. 132.

Es ist fast unmöglich, die Uebereinstimmung zu verkennen, welche zwischen dem gehärteten und dem nicht gehärteten Stahl, und zwischen dem weißen und dem grauen Roheisen in der Glüh- und Schmelzhitze statt findet. Der gehärtete Stahl wird weich und bekommt eine dunkle Farbe, wenn er nach dem Glühen langsam erkaltet; das weiße Roheisen verhält sich genau eben so, nur daß die Erscheinungen noch viel auffallender sind. Der nicht gehärtete Stahl wird durch plötzliches Erkalten nach dem Glühen hart, spröde und bekommt eine weiße Farbe; das graue Roheisen zeigt diese Erscheinungen beim Ablöschen nach dem Glühen zwar ebenfalls, jedoch nicht so auffallend, als wenn die Hitze bis zum Flüssigwerden verstärkt und eine schnelle Abkühlung des geschmolzenen Roheisens vorgenommen wird. Das weiße Roheisen bleibt weiß, wenn es nach dem Schmelzen schnell erkaltet; das graue wird weiß, wenn man die Erstarrung beschleunigt. Das graue Roheisen bleibt grau, wenn es langsam erstarrt; das weiße wird grau, wenn die Erstarrung verzögert wird. Eben so bleibt der gehärtete Stahl hart, weiß und spröde, wenn er nach dem Glühen schnell abgekühlt wird, und der ungehärtete Stahl behält seine Weichheit und seine dunkle Farbe, wenn man ihn nach dem Glühen langsam erkalten läßt. Der gehärtete Stahl und das weiße Roheisen, so wie der nicht gehärtete Stahl und das graue Roheisen, verhalten sich also auf ganz gleiche Weise, nur daß die Erscheinungen dem Grade nach verschieden sind.

§. 133.

Aus dem eben untersuchten Verhalten des Roheisens in der Schmelzhitze geht hervor, daß sich das graue Roheisen zum

Umschmelzen weit besser eignet, als das weiße, in so fern es weit dünner fließt und weniger Abgang durch den Glühspan erleidet, auch durch das Zudringen der Luft weit weniger geändert wird, als dieses. Beim Umschmelzen des Roheisens ist es daher nothwendig:

1) den Zutritt der Luft so viel als möglich zu vermeiden;
2) das Roheisen so schnell als möglich bis zum Schmelzen zu erhitzen, und es der Glühhitze vor dem Schmelzen nicht zu lange auszusetzen, wenn der Luftstrom von dem glühenden Eisen nicht ganz sollte abgehalten werden können;
3) graues Roheisen zum Umgießen anzuwenden, theils weil es wegen seiner Dünnflüssigkeit die Formen besser ausfüllt, und nicht so plötzlich erstarrt, theils weil es sich mit weniger Abgang umschmelzen läßt, theils weil es festere und weichere Gußwaaren giebt, als das weiße Roheisen, welches beim Umgießen seine Sprödigkeit und Härte behält, indem zur Umwandlung desselben in weiches graues Roheisen eine sehr hohe Temperatur und eine anhaltende Hitze erforderlich sind, wodurch der Erfolg unsicher und ungewiß wird, des größeren Zeit- und Brennmaterialien-Aufwandes nicht einmal zu gedenken. Die weitere Ausführung und die Ausnahmen von dieser Regel können erst in der Folge betrachtet werden.

Geschieht das Umschmelzen des Roheisens in Tiegeln, so kann man diese bedecken, und hat dann den Zutritt der Luft eben nicht sehr zu fürchten. Unter einer künstlichen Glasdecke behält das Roheisen in den Tiegeln seine Eigenschaften und seine Dünnflüssigkeit noch vollkommener. Wird das Roheisen zwischen Kohlen umgeschmolzen, so ist eine schwache Hitze nachtheilig, weil das Roheisen dem Windstrom zu sehr ausgesetzt wird, und sich zu sehr verändert, weshalb dann auch ein starker Abgang stattfindet. Beim Umschmelzen im Flammenfeuer sind die Folgen

einer langsamen und schwachen Hitze noch auffallender; die Glühspanhülle wird nicht allein sehr stark, und veranlaßt dadurch einen beträchtlichen Verlust durch Verschlackung, sondern das graue Roheisen kann bei einer anhaltend schwachen Hitze wohl ganz mürbe werden (§. 131.), und wenn es dann endlich zum Fließen kommt, so fließt es dick und mit rother Farbe, ist auf dem Bruch beim Erkalten schwarz, und mehr schuppig als körnig, besitzt viel Geschmeidigkeit, aber durchaus keine Festigkeit, sondern die einzelnen Schuppen scheinen nur dehnbar zu seyn, ohne einen Zusammenhang mit einander zu haben. Würde die schwache Glühhitze noch länger fortgesetzt, so würde es endlich ganz unmöglich werden, das Roheisen zum Fließen zu bringen und es würde schon im glühenden Zustande ein sandiges, unzusammenhängendes, trockenes Pulver zu bilden scheinen. Ist es dagegen schon eingeschmolzen, so kann das lange Stehen im Bade zwar einen größeren Aufwand an Brennmaterial und einigen Eisenverlust verursachen; allein das graue Roheisen erhält dann, bei zunehmender lichterer Farbe, immer mehr Festigkeit, Zähigkeit und Weichheit im erkalteten Zustande. Weißes Roheisen muß beim Umschmelzen im Flammenfeuer, so viel als möglich, ganz vermieden werden, weil es auch im günstigsten Fall, d. h. wenn es *sehr schnell* eingeschmolzen werden kann, viel Abgang und ein hartes, sprödes Produkt giebt, im ungünstigeren Fall aber den Abgang in einem hohen Grade steigert, und die Formen schlecht ausfüllt.

§. 134.

Weil aber auch selbst das ganz graue Roheisen seine Natur mehr oder weniger ändert, wenn es mehr oder weniger plötzlich zur Erstarrung gebracht wird (§. 126.); so bekommen sehr häufig die aus dem weichsten und grauesten Roheisen angefertigten Gußwaaren, vorzüglich wenn sie keine beträchtliche Dicke haben, oder wenn sich das fließende Roheisen in der Form leicht *abschrecken* kann, eine Härte und Sprödigkeit, als wenn sie

aus weißem Roheisen gegossen worden wären. Für das äußere Ansehen ist dies zwar nicht nachtheilig, im Gegentheil wohl vortheilhaft, weil das weiße Roheisen dichter ist, glattere Flächen bildet und daher auch leichter Politur annimmt, als das graue; allein die Haltbarkeit der Gußwaaren leidet nicht allein darunter, sondern sie bekommen dadurch auch eine Härte und Spröbigkeit, welche das graue Roheisen nicht hat, und wodurch sie in manchen Fällen zur Bearbeitung mit der Feile, mit dem Meißel, Bohrer zc. unfähig werden. Man hat daher Mittel aufgesucht, den Gußwaaren, welche aus hartem und sprödem Roheisen bestehen, mehr Weichheit und Festigkeit mitzutheilen; vorzüglich hat Reaumur über das Adouciren oder Tempern der Gußwaaren eine große Menge von Versuchen angestellt. Durch das bloße Glühen würde man unbezweifelt zu viel ausrichten, weil dadurch zur Entstehung des Glühspans zu sehr Veranlassung gegeben werden würde. Deshalb glüht man die zu adoucirenden Gußwaaren zwischen lockerem Kohlenpulver, oder man überzieht sie mit Lehm, dem man (um ihm Lockerheit zu geben) Kuhmist u. dgl. beigemengt hat, und glüht sie dann. Reaumur empfiehlt ganz besonders einen Ueberzug von Reißblei, wogegen Rinman von der Birkenasche eine bessere Wirkung erwartet. Reaumur legte auf die Kunst, das Roheisen zu erweichen, und gewiß nicht mit Unrecht, einen sehr hohen Werth, weil er glaubte, einen großen Theil der Waaren, welche jetzt aus Stahl und Stabeisen gemacht werden müssen, aus Roheisen anfertigen zu können. Es zeigten sich jedoch bei der Ausübung dieser Methode manche Schwierigkeiten, vorzüglich weil das graue Roheisen dadurch nur mürbe und nicht fest und geschmeidig wird, das weiße Roheisen aber bei unrichtiger Behandlung zugleich so viel Glühspan ansetzt, daß manche Gußwaaren dadurch unbrauchbar werden, so daß von der Kunst des Adoucirens des Roheisens bisher nur wenig Gebrauch gemacht worden ist. Wenn es aber darauf ankommt, die Oberfläche des Roheisens zu er-

weichen, und es zur Bearbeitung mit Werkzeugen geschickter zu machen, oder den Gußwaaren einen Theil ihrer Sprödigkeit zu benehmen, so ist das Glühen unter dazu geeigneten lockeren Decken sehr zu empfehlen. Auch hat man in neuerer Zeit, mit einem sehr günstigen Erfolge, die Adoucirung von Gußwaaren, die eine nicht zu große Dicke besitzen, im Großen ausgeführt, so daß diese Gußwaaren nach dem Ausglühen fast die Festigkeit, Biegsamkeit und Geschmeidigkeit des geschmiedeten Eisens besitzen.

Rinman a. a. O. §. 117. Ueber Umwandlung der Gußeisengeräthe in stabeiserne; Kastner's Deutsch. Gewerbsfr. B. I. H. 1. und H. 3. S. 303.

Reaumur nouvel art d'adoucir le fer fondu, et de faire des ouvrages de fer fondu aussi fines que de fer forgé. Paris 1722. — Swedenborg, de ferro 225—237. — Extrait du Rapport fait à la Société d'Encouragement, sur le prix de 3000 Frc. donné à Mrs. Baradella et Déodor, pour la fabrication de divers objets de petite dimension en fonte de fer adouci. Par G. de Laumont. Annales des Mines IV. 159—164. — Bulletin de la Sec. d'Encouragement. XVII. 283.

§. 135.

Wenn durch das Adouciren des Roheisens nichts weiter erreicht werden soll, als den Gußwaaren, welche aus grauem Roheisen angefertigt sind, die Sprödigkeit zu benehmen, welche sie durch das Abschrecken des Roheisens in der Gußform erhalten haben, so genügt es allerdings, sie mit irgend einem Ueberzuge zu versehen, oder zwischen Kohlenpulver, Kreide, Knochenasche, Blutsteinpulver u. s. f. zu legen und dann auszuglühen. Die Hitze muß jedoch einen hohen Grad des Rothglühens erreichen und die Gußwaaren müssen in dieser Temperatur ziemlich lange erhalten werden, weil sonst die erwartete Wirkung nicht eintritt. Dadurch erlangt man aber nur, daß sich das an der Oberfläche des Gußstücks in weißes oder in halbirtes Roh-

eisen veränderte, graue Roheisen wieder erweicht und daß es die Sprödigkeit verliert. Verlangt man dagegen, daß das Gußstück, außer der Weichheit, auch noch Geschmeidigkeit und einen höheren Grad von Festigkeit erhalten soll, so läßt sich dieser Zweck durch die Anwendung von grauem Roheisen nur höchst unvollkommen erreichen. Statt einer weichen, geschmeidigen und festen Gußwaare, würde man eine weiche, geschmeidige und poröse Masse erhalten, welche den Schlägen, Stößen u. s. f. nicht bedeutend stärker widersteht, als das gewöhnliche graue Roheisen, welches durch Abschrecken nicht spröde geworden ist. Dieser Grad von Festigkeit genügt aber nicht, wenn Sachen, welche einen gewissen Grad von Festigkeit verlangen, den man ihnen durch eine größere Eisenstärke nicht füglich ertheilen kann, aus Roheisen angefertigt werden sollen. Um daher solche Sachen, welche man, wegen der nöthigen Festigkeit, aus Stabeisen oder aus Stahl anzufertigen pflegt, aus Roheisen darzustellen, z. B. Messer, Scheeren, Nägel, Hufeisen u. s. f. wird man sich des weißen Roheisens bedienen, und dieses durch Glühen oder Adouciren weich machen und ihm die Festigkeit ertheilen müssen, welche das graue Roheisen auf solchem Wege nicht erlangen kann, weil es durch das Ausglühen unter Decken mürbe und unzusammenhängend wird.

Das weiße Roheisen bekommt durch das Glühen unter abgehaltenem Luftzutrttt völlig stahlartige Eigenschaften. Die Farbe wird matt, der Bruch körnig, und das nun weich gewordene Eisen läßt sich durch Erhitzen und Ablöschen so sehr härten, daß die Feile es nicht angreift. Geglüht erlangt es wieder die weiche Beschaffenheit und es ist überhaupt zwischen dem adoucirten weißen Roheisen und dem ungehärteten weichen Stahl kein anderer Unterschied, als daß der Stahl eine größere Festigkeit besitzt. — Das Gewicht des weißen Roheisens bleibt beim Glühen fast unverändert; nur bei der Anwendung von

Blutsteinpulver und von Kreide findet wirklich einiger Gewichts-verlust statt.

Die Erfahrung zeigt, daß mäßige und sehr lange fortgesetzte Hitze, keinesweges bessere Dienste beim Adouciren leistet, als eine starke Rothglühhitze, die nur nicht so sehr gesteigert werden darf, daß das Eisen in Weißglühhitze geräth. Die Hitze muß um so anhaltender seyn, je dicker die Stücke sind, welche adoucirt werden sollen.

Rother Eisenkalk bringt eine schnellere Wirkung hervor, als irgend ein anderes Adoucirnngsmittel, allein die unter einer Decke von rothem Eisenoxyd oder von Braunstein adoucirten Gußwaaren werden spröde und erhalten ganz die Textur des verbrannten Eisens (§. 110.), so daß sie unbrauchbar werden, weil sie nur durch starke Schweißhitzen und durch mechanischen Druck die gewünschte Festigkeit erhalten würden. Eine solche Behandlung ist aber theils an sich nicht immer ausführbar, theils würden dadurch ökonomische Nachtheile entstehen, welche das Verfahren für die Anwendung im Großen unzweckmäßig machen. Selbst durch die Anwendung von Kreide scheint zu viel ausgerichtet zu werden, weil das Roheisen ein sehr grobes Korn, als Folge einer zu starken Einwirkung jenes Körpers erhält. Das beste Adoucirungsmittel ist vielleicht ein Gemenge von Knochenasche mit Kohlenpulver. Die Knochenasche scheint bloß dazu zu dienen, dem lockeren Kohlenpulver etwas mehr Dichtigkeit zu geben. In den Fabrikanstalten, in welchen das Adouciren der Gußwaaren im Großen angewendet wird, bedient man sich jedoch keines Zusatzes von Knochenasche, sondern beschränkt sich auf die Anwendung von Koaks, die etwa bis zur Größe einer Linse zerkleinert werden. Da das Adouciren ein wirkliches Entkohlen des Roheisens ist, so scheint die Anwendung von Koaks theoretisch nicht zweckmäßig zu seyn; die Erfahrung lehrt indeß, daß sich in den Zwischenräumen noch so viel atmosphärische Luft befindet, als zur Verminderung der

Kohle im Roheisen erforderlich ist, und daß die Kohlendecke ein wesentliches Mittel ist, um der zu starken Einwirkung des Sauerstoffs auf das Roheisen zu begegnen. Merkwürdig ist die Erfahrung, daß das schon einige Male gebrauchte Koakspulver nur unvollkommene Dienste leistet, und wieder mit frischem Koakspulver versetzt werden muß. Ob die Kohle vielleicht Kohlenoxydgas absorbirt und im verdichteten Zustande zurückhält, — so daß es erst durch längeres Liegen an der Luft wieder brauchbar werden würde, — bedarf einer näheren Untersuchung.

Es ist nicht daran zu zweifeln, daß man in der Folge einen noch häufigeren Gebrauch von dem Adouciren des weißen Roheisens machen wird, als bisher geschehen ist.

Das aus alten Stahl- und Stabeisen-Abgängen, mit Zusatz von Kohlenpulver, im Tiegel geschmolzene Eisen, giebt ein weißes Roheisen, welches sich zu Gußwaaren, die durch Adouciren geschmeidig, weich und fest werden sollen, ganz besonders eignet. — Auch dasjenige halbirte Roheisen, in welchem keine scharfe Absonderung des Graphit von der übrigen Roheisenmasse deutlich zu erkennen ist, eignet sich vorzugsweise zum Adouciren.

Eisen und Sauerstoff.

§. 136.

Bei der Betrachtung des Verhaltens des Eisens in der Hitze war es unvermeidlich, den Einfluß zu übergehen, den die Luft auf das glühende oder auf das geschmolzene Eisen äußert, weil sich die Verschiedenheit der Eisenarten durch ihr verschiedenes Verhalten in den höheren Graden der Temperatur, mit und ohne Luftzutritt, am deutlichsten ausspricht. In einer niedrigen Temperatur hat die Luft, in so fern sie von aller Feuchtigkeit frei ist, keinen Einfluß auf das Eisen; erst in der höheren Temperatur macht der Sauerstoff seinen Einfluß geltend. Daß die Anlauffarben (§. 91.) durch eine Verbindung des Sauer-

stoffs mit Eisen entstehen, ist wohl nicht zu bezweifeln, von welcher Art aber diese Verbindung sey, läßt sich nicht angeben, weil die Farben sich nur wie ein Hauch über der Oberfläche verbreiten und keiner chemischen Untersuchung unterworfen werden können. Ist vor dem Eintreten des Rothglühens alle Farbe auf der Oberfläche des Eisens wieder verschwunden, so fehlt ihm doch das metallische Ansehen, und es zeigt dieselbe graue Hülle, mit welcher alles Eisen nach dem Erkalten auf der Oberfläche bedeckt ist.

§. 137.

Sobald das Eisen dem unmittelbaren Zutritt der Luft in der höheren Temperatur (nämlich von dem ersten Glühgrade an, bis zur vollkommensten Schweiß- und Schmelzhitze) ausgesetzt wird, zeigt sich die Verbindung des Eisens mit dem Sauerstoff deutlicher und bestimmter. Der Glühspan, Hammerschlag oder Schmiedesinter, (§. 105.) ist eine solche Verbindung des Eisens mit Sauerstoff, welche jedoch ein Gemenge von verschiedenen Oxydationsstufen zu seyn scheint.

§. 138.

Die bekannte niedrigste Oxydationsstufe des Eisens, oder das Eisenoxydul, ist bis jetzt noch niemals in einem freien und ungebundenen Zustand in der Natur angetroffen worden. Es läßt sich nur künstlich, und auch dann selten rein darstellen, weil es gewöhnlich mit kleinen Antheilen von Eisenoxyd verunreinigt ist. Ziemlich rein erhält man es, wenn regulinisches Eisen, in glühenden Röhren eingeschlossen, durch Wasserdämpfe zersetzt wird. Dies ist das Verfahren, welches Hr. Bucholz anwendete. Das so dargestellte Oxydul hat eine schwarze Farbe, einen starken Glanz und schmelzt in einer hohen Temperatur zu einer porösen, schwarzen und glänzenden Masse, welche mehr dem Email als dem Glase ähnlich ist. — Hr. Stromeier hat das reine Eisenoxydul auf eine andere Weise, nämlich durch Reduktion des rothen Eisenoxyds, vermittelst des Wasserstoff-

gases, in einem Hitzgrade, welcher die Rothglühhitze noch nicht erreicht, darzustellen gelehrt. Wenn die Hitze bis zum Glühen verstärkt wird, so mißlingt die Operation, weil die Desoxydation dann schon bis zur Entstehung von regulinischem Eisen vorschreitet. Dies Oxydul ist völlig rein von Oxyd und besitzt eine dunkelschwarzblaue Farbe, die bei auffallendem Licht fast völlig schwarz erscheint. Dem Glase theilt es eine blaue Farbe mit. An der freien Luft entzündet es sich in der gewöhnlichen Temperatur sehr leicht und verwandelt sich dabei wieder in rothes Oxyd. – Dies ist das einzige, bis jetzt bekannte Verfahren, Eisenoxydul zu bereiten; denn so sehr allgemein dieser Körper auch in der Natur angetroffen wird, so scheint er doch für sich nicht bestehen zu können, sondern sogleich eine Verbindung mit mehr Sauerstoff, oder mit Säuren, mit anderen Oxyden, oder auch nur mit Wasser eingehen zu müssen. Nach Hrn. Berzelius verbinden sich 100 Theile regulinisches Eisen mit 29,47 Theilen Sauerstoff, um Eisenoxydul zu bilden; oder dieser Körper ist aus 77,23 Eisen und 22,77 Sauerstoff zusammen gesetzt.

§. 139.

Den Glühspan, nämlich die Rinde, mit welcher sich das Eisen in der Glühhitze, bei einem nicht gehemmten Zutritt der atmosphärischen Luft, überzieht, hat man lange Zeit für Eisenoxydul gehalten. Neuere Untersuchungen haben aber gezeigt, daß sich auf diesem Wege kein Eisenoxydul bildet und daß sich das Eisen im Glühspan in einem höheren Oxydationszustand befindet. Hr. Berthier, welcher Glühspan von mehren Eisenhüttenwerken untersucht hat, ist der Meinung, daß der Glühspan ein eigenthümliches, aus 3 Mischungsgewichten Eisen und 7 Mischungsgewichten Sauerstoff zusammengesetztes Oxyd bildet, welches also aus 74,6 Eisen und 25,4 Sauerstoff bestehen würde. Wollte man diesen Oxydationszustand nicht als einen eigenthümlichen betrachten, so könne man ihn, bemerkt

Hr. Berthier, auch für ein Gemisch von 2 Mischungsgewichten Eisenoxydul mit 1 Mischungsgewicht Eisenoxyd ansehen; denn in 64,2 Eisenoxydul und in 35,8 Eisenoxyd befinden sich ebenfalls 74,6 Eisen und 25,4 Sauerstoff.

Hr. Mosander hat dagegen erwiesen, daß der Glühspan kein gleichartig zusammengesetzter Körper ist, sondern daß derselbe aus zwei über einander liegenden parallelen Schichten besteht, von denen die äußere mehr Sauerstoff enthält, als die innere, der regulinischen Eisenmasse zugekehrte Schicht. In beiden Schichten ist aber das Verhältniß des Sauerstoffs zum Eisen nicht gleich bleibend, sondern die Sauerstoffmenge nimmt in beiden in demselben Verhältniß zu, als das Eisen der Glühhitze unter Luftzutritt längere Zeit ausgesetzt bleibt und die Glühspanrinde dicker wird. Die innere Schicht läßt Hr. Mosander aus 75,2573 Eisen und 24,7425 Sauerstoff, und die äußere aus etwa 73 Eisen und 27 Sauerstoff zusammen gesetzt seyn.

Aus diesen Untersuchungen ergiebt sich unbezweifelt, daß die Dicke der Glühspanrinde einen wesentlichen Einfluß auf ihre Zusammensetzung hat, und daß die letztere theils nach der Dicke der ganzen Kruste, theils nach den Umständen, unter welchen sie gebildet ward, sehr verschieden seyn wird. Bei sehr dicken Glühspanrinden wird man daher auch wohl mehr als zwei parallele und über einander liegende Schichten unterscheiden können. Ein in schneller und starker Hitze gebildeter Glühspan kann ganz anders zusammengesetzt seyn, als derjenige, welcher in schwacher und langsam wirkender Hitze erzeugt worden ist. Auch wird es von großem Einfluß auf die Zusammensetzung seyn, ob die Glühhitze ununterbrochen oder periodenweise auf das sich oxydirende Eisen gewirkt hat. Die Zunahme des Sauerstoffgehaltes in der äußeren Rinde des Glühspans ist eine nothwendige Folge der Einwirkung des Sauerstoffs auf das glühende Oxyd, welches sich ursprünglich bildete und woraus wahrscheinlich die

ganz dünnen Blättchen von Hammerschlag bestehen, welche noch keine weitere Veränderung erlitten haben. Woraus aber dieser, ursprünglich sich bildende und durch die weitere Einwirkung der atmosphärischen Luft in der Glühhitze noch nicht veränderte Glühspan zusammengesetzt ist; darüber geben die Untersuchungen der Herren Berthier und Mosander keinen weiteren Aufschluß, als daß dies Oxyd wirklich kein Oxydul, sondern ein auf einer höheren Oxydationsstufe befindliches oxydirtes Eisen ist. Ob dies Oxyd aus 2 Mischungs-Gewichten Oxydul und 1 M. G. Oxyd, oder ob es, wie Hr. Mosander glaubt, aus 3 M. G. Oxydul und 1 M. G. Oxyd zusammengesetzt sey, ist nur eine einseitige theoretische Betrachtungsweise, welche in der Natur schwerlich ihre Bestätigung jemals finden wird. Als ein gewisses Resultat geht aus jenen Untersuchungen nur hervor, daß der Glühspan ein eigenthümliches zusammengesetztes oxydirtes Eisen ist, wie es in der Natur bisher noch nicht angetroffen ward.

§. 140.

Der Glühspan bleibt in der stärksten Hitze, welche die Schmelzhitze des Roheisens übertrifft, ganz unverändert und sintert nur zu einer porösen emailleartigen Masse zusammen. Wird er aber in Thontiegeln geschmolzen, oder kommt er auf andere Weise mit Kieselerde in Berührung, so wird er leichter flüssig und bildet eine mehr oder weniger vollständig verglaste, schwarze Masse, die sogenannte Hammerschlacke (Frischschlacke, Eisenschlacke), welche sich in ihren chemischen Bestandtheilen vom Glühspan durch einen Gehalt von Kieselerde unterscheidet, weshalb sich die Schlacke weit schwerer als der Glühspan reduciren läßt, obgleich sie ungleich leichtflüssiger ist als dieser, und bei einem gewissen Verhältniß von Kieselerde sogar ein sehr leichtflüssiges schwarzes Glas bildet.

§. 141.

Wird der Glühspan aber, unter fortdauerndem Luftzutritt,

in einer anhaltenden Glühhitze lange erhalten und dabei oft umgerührt, so verwandelt er sich nach und nach in ein dunkelbraunes, hellbraunes, und endlich in ein bräunlich rothes Pulver, welches vollkommener Eisenkalk oder Eisenoxyd, auch wohl unter dem Namen zusammenziehender Eisensafran (Crocus martis adstringens) bekannt ist. In diesem Zustande ist das Eisen mit der größten Menge Sauerstoff verbunden, welche es aufzunehmen fähig ist. Nach Hrn. Berzelius nehmen 100 Theile Eisen 44,25 Sauerstoff auf, oder das Eisenoxyd besteht aus 69,34 Theile Eisen und 30,66 Theile Sauerstoff.

Das Eisenoxyd ist, wie das Eisenoxydul, in allen drei Reichen der Natur sehr reichlich verbreitet, aber es kommt im Mineralreich auch in einem völlig reinen Zustand und oft von solcher Härte vor, daß es mit dem Stahl Feuer giebt, weshalb es als Polirstein und statt des Schmirgels angewendet wird.

Das Eisenoxyd bleibt in der Glühhitze unverändert, verbindet sich aber leicht mit der Kieselerde und bildet mit derselben Schlacken und Gläser. Den Glasflüssen ertheilt es eine gelbe Farbe, wogegen das Oxydul die Gläser grün, braun und schwarz färbt. Wird das Eisenoxyd mit kohlensauren Alkalien geschmolzen, so entsteht, unter Entwickelung von Kohlensäure, eine sehr unbeständige, gelblich gefärbte Verbindung, die beim Begießen mit Wasser reines Eisenoxyd absetzt.

Wird Eisenoxyd mit fein zertheiltem regulinischem Eisen in reinem Wasser gekocht, so entwickelt sich Wasserstoffgas und es bildet sich ein dem Magnet folgsames oxydirtes Eisen, welches dieselbe Zusammensetzung wie der Magneteisenstein haben soll. Das Eisenoxyd ist dem Magnet nicht folgsam, wohl aber sind es alle Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff, welche sich in einem niedrigeren Oxydationszustande wie das Eisenoxyd befinden.

§. 142.

Die in der Natur vorkommenden Eisenerze enthalten das Eisen nicht immer im Zustande des Oxyduls oder des Oxyds, sondern sehr häufig in einem andern Oxydationszustande, welchen man theoretisch als eine Verbindung von Oxydul mit Oxyd anzusehen pflegt. Man stützt diese Ansicht darauf, daß die Auflösung des in einem Mittelzustande der Oxydation befindlichen oxydirten Eisens in Säuren, durch angewendete Reagentien immer in Oxydul und Oxyd zerlegt werden kann und daß niemals ein anderer Oxydationszustand in der Verbindung mit der Säure, durch die Einwirkung von Reagentien auf die saure Auflösung gefunden wird. Wenn man auch die Nothwendigkeit einer solchen Schlußfolge nicht einsieht, so ist es doch erforderlich, die Menge des regulinischen Eisens zu kennen, welches in dem Erz befindlich ist. Dazu führt aber die Prüfung des Verhältnisses des Oxyds zum Oxydul aus den durch den Versuch erhaltenen Resultaten, indem die Zusammensetzung dieser beiden Oxyde sehr genau bekannt ist, und daher die Menge des Eisens und des mit demselben verbundenen Sauerstoffes berechnet werden kann, sobald man auszumitteln vermag, wieviel Eisenoxydul und wieviel Eisenoxyd in der Auflösung des Eisenerzes in Säuren vorhanden ist. Man kennt eine große Anzahl von Verfahrungsarten, um das Oxyd vom Oxydul zu trennen, obgleich die mehrsten nicht ganz genau, und die genauen mit großen Schwierigkeiten bei der Ausführung verbunden sind. Die Verfahrungsarten werden später bei der Anleitung zur Analyse der Eisenerze angegeben werden.

§. 143

Daß das Eisenoxyd durch Wasserstoffgas schon in einer sehr niedrigen Temperatur zu Oxydul reducirt wird, ist oben (§. 138.) bemerkt. Wird die Hitze aber etwas über die Temperatur des siedenden Quecksilbers (etwa bis 400° C.) gesteigert, so entsteht, wie Hr. Magnus zuerst gezeigt hat, schon

regulinisches Eisen, welches sich, wenn es nach dem völligen Erkalten an die Luft gebracht wird, bei der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre sogleich entzündet und verbrennt. Diese entzündliche Eigenschaft verliert es, wenn es, ehe es mit der Atmosphäre in Berührung kommt, in kohlensaures Gas gebracht wird. Die Entzündbarkeit stellt sich aber wieder ein, wenn es wieder mit einer Atmosphäre von Wasserstoffgas umgeben wird. Hat man die Hitze bei der Reduction bis zum Rothglühen gesteigert, so besitzt das regulinische Eisen nicht die Eigenschaft, sich von selbst an der Luft zu entzünden. Werden aber dem Eisenoxyd 5 bis 12 Procent Thonerde beigefügt, so bleibt das Eisen pyrophorisch, selbst wenn die Reduction in der Rothglühhitze erfolgte. Es scheint, daß die Thonerde nur als Mittel wirkt, die Eisentheilchen von einander entfernt zu halten, denn das Eisenoxyd reducirt sich nur allein und die beigemengte Thonerde bleibt unverändert zurück.

Die Herren Despretz (Ann. de Chimie et de Phys. XLIII. 222.) und Dulong haben gezeigt, daß das Eisenoxyd durch Kohlenoxydgas ebenfalls zu regulinischem Eisen, unter Bildung von Kohlensäure, reducirt wird, daß aber auch die Kohlensäure durch regulinisches Eisen in der Hitze zerlegt wird, wobei Kohlenoxydgas und ein dem Magnet folgsames oxydirtes Eisen entsteht.

Proust, über die Oxydationszustände des Eisens. Gehlens N. Journal der Chemie VI. 408 u. f. — Thenard über die Oxydationszustände des Eisens, besonders des schwefelsauren. Ebend. V. 600 u. f. — Berthollet über die Oxydationszustände des Eisens. Gehlens Journal für Chemie, Physik und Mineralogie I. 178 u. f. — Proust über die Oxydationsstufen der Metalle. Ebendas. III. 447. — Darso über die Oxydationszustände des Eisens und den Magnetismus des Oxyds. Ebendas. III. 690. — Bucholz über das quantitative Verhältniß des Sauerstoffs und des Eisens in den Eisenoxyden. Ebendas. 696 u. f. — Hassenfratz über den Sauerstoffge-

halt des Eisenoxyds. Ebendas. VII. 693. — Bucholz über die Nichtexistenz des weißen Eisenoxyds. Ebendas. VII. 681 u. f. — Berzelius wichtige Abhandlung über die einfachen Verhältnisse, nach welchen die Bestandtheile der unorganischen Natur mit einander verbunden sind, ist in Gilberts Annalen der Physik XXXVII. nachzusehen. — Berzelius über den Magnetismus des Oxyds. Gilberts neue Annalen der Physik VIII. 231, — Gay-Lussac über den dreifachen Oxydationszustand des Eisens. Gilberts neue Annalen, XII. 265 u. f. — Berzelius Widerlegung. Ebendas. 277 u. f. — Undersökning af Jernsinner, in den Jern Contorets Annaler VII. (1823) 81. — Berthier, über den Glühspan, im Archiv für Bergb. und Hüttenwesen. IX. 308. — Ueber die Zusammensetzung des Glühspans, von Mosander; Archiv u. f. f. XIII. 365. — Stromeyer über das Eisenoxydul. Archiv u. f. f. XIII. 376. — Aehnlichkeit des Glühspans mit Magnet-Eisenstein, auch in seinen feinsten Beziehungen. Schweigger und Seidel Jahrb. der Chemie und Physik. B. 56. S. 125. — Gr. Schaffgotsch über Eisenoxydnatron und Thonerdennatron. Pogg. Annalen B. 43. S. 117.

Eisen und Wasser.

§. 144.

Das Wasser wirkt, wenn es vollkommen rein und von aller Luft durch Auskochen befreit ist, nicht auf das Eisen. Diese Wirkung tritt erst in einer erhöheten Temperatur, nämlich bei der Glühhitze ein, indem sich das Eisen sogleich mit Glühspan überzieht, wenn es in glühendem Zustand mit Wasser begossen wird. Aber auch durch langes Verweilen des Eisens in reinem Wasser wird dasselbe langsam oxydirt, und zuletzt mit einem leichten gelblichen Ueberzuge bekleidet, welcher aus oxydirtem Eisen und aus Wasser besteht. Es scheint, daß selbst das mit reiner atmosphärischer Luft geschwängerte reine Wasser zum Rosten des Eisens nicht Veranlassung giebt, sondern daß der freie Zutritt der Atmosphäre erforderlich ist, wenn das Eisen in Wasser

oxydirt werden soll. Man ist der Ansicht, daß die Kohlensäure in der atmosphärischen Luft das Rosten in diesem Fall veranlaßt, welches man besonders aus den von Hrn. Marshal Hall angestellten Versuchen schließt, nach welchen das Eisen in solchem Wasser, welches Kohlensäure aufgenommen hat, sehr schnell und unter sichtbarer Entwickelung von Wasserstoffgas, oxydirt wird. — Der Grad der Glühhitze, bei welchem die Zersetzung des Wassers oder der Wasserdämpfe durch das Eisen eintritt, ist zwar noch nicht mit Bestimmtheit anzugeben, es scheint indeß, daß die Zerlegung des Wassers schon in der braunrothen Glühhitze eintritt, weshalb es auch nöthig ist, diejenigen Theile eines Dampfkessels, welche noch der unmittelbaren Einwirkung der Flamme aus dem Heizraum ausgesetzt sind, mit Wasser erfüllt zu erhalten, damit sie nicht die Glühhitze annehmen können. — Nach den Untersuchungen des Hrn. Gay-Lussac ist es nicht möglich, das Eisen durch Wasser bis zur höchsten Oxydationsstufe zu bringen, sondern nur zu derjenigen, in welcher 100 Theile Eisen etwa 37,8 Theile Sauerstoff aufnehmen, ein Verhältniß, welches dem, in welchem sich beide Substanzen in dem natürlichen Eisenoxydul Oxyd befinden, fast entspricht. Dies Resultat hat auch Hr. Regnault erhalten. — Von der Fähigkeit des Wassers, das Eisen zu oxydiren, macht man auch Anwendung, um oxydirtes Eisen zum Gebrauch in den Apotheken darzustellen, weil das in der Glühhitze bereitete Eisenoxydul nicht fein und pulverartig genug seyn würde. Man nennt das auf diese Art bereitete Oxyd, welches ein sehr verschiedenartiges Gemisch von Oxydul mit Oxyd ist, nach dem Erfinder: Lemery's Eisenmohr (Aethiops martialis), und unterscheidet den A. m. humide oder frigide factus und den A. m. calide factus. Vorschriften zur Bereitung dieses Eisenkalkes, wozu gewöhnlich sehr reine Eisenfeile genommen wird, giebt es in großer Menge. — Jedes Eisenoxyd giebt durch

Glühen mit Oelen oder anderen brennbaren Körpern ebenfalls Eisenmohr.

Scherers Journ. d. Chemie VI. 643. VIII. 323. Macquer's chem. Wörterbuch, Art.: Eisenmohr u. s. f. Rinman a. a. O. II. 229. 356 u. f. — Sur l'oxydation du fer par le concours de l'air et de l'eau. Ann. de Chimie et de Physique XI. 40. — Archiv für Bergb. und Hüttenwesen B. II. Heft 1. 176. B. III. 237. — Hall, Guibourt und Thénard in Poggendorffs Ann. B. 14. S. 145. — Regnault in den Ann. des Mines. 3me Livrais. XI. 12.

§. 145.

Daß das reine Wasser durchaus keine auflösende Kraft auf das Eisen und auf seine Oxyde hat, ist von Westrumb gegen Landriani und Girtanner bewiesen. Die Fähigkeit des Wassers, das Eisen zu oxydiren, wird sehr bedeutend verstärkt, wenn geringe Quantitäten eines schwefelsauren, salzsauren, salpetersauren u. s. f. Salzes im Wasser aufgelöst sind. Dagegen äußert das Wasser fast gar keine oxydirende Wirkung auf das Eisen, wenn es ein Alkali, oder etwas Aetzkalk aufgelöst enthält. Diesen Erfolg glaubt man zwar dadurch zu erklären, daß die Basis, welche sich im Wasser befindet, die hinzutretende Kohlensäure absorbirt, indeß scheint derselbe einem electrischen Verhalten zugeschrieben werden zu müssen. Daß der Salzgehalt des Wassers die oxydirende Wirkung desselben ungemein erhöhet, ist als ein Beweis für die letzte Ansicht anzusehen, indem die Salze durchaus nicht, sondern nur das Wasser, von dem Eisen zersetzt wird.

Hr. Payen hat sehr ausführliche Versuche angestellt, um zu ermitteln, bis zu welcher Gränze ein Alkaligehalt des Wassers das Eisen gegen die Oxydation zu schützen vermag. Er fand, daß eine gesättigte Kalilauge, mit 1000 bis 2000 Theilen Wasser verdünnt, das Eisen noch gut schützt, aber eine Verdünnung mit 3 bis 4000 Theilen Wasser den Schutz nicht mehr bewirkt. Gesättigtes Kalkwasser, mit seinem dreifachen Volumen Wasser

verdünnt, welches also etwa $\frac{1}{1000}$ seines Gewichtes reinen Kalk enthält, schützt das Eisen noch gut. Wird das Kalkwasser mit dem vierfachen Volumen Wasser verdünnt, so findet keine schützende Wirkung mehr statt. Eine gesättigte Auflösung von kohlensaurem Natron schützt noch, wenn sie mit dem 49 bis 54fachen Volumen Wasser verdünnt ist, aber nicht mehr bei einer Verdünnung mit dem 59fachen Volumen Wasser. — Die feinsten polirten Stahlwaaren werden also sicher, und ohne ein Rosten befürchten zu dürfen, in einer nicht zu sehr verdünnten Kalilauge aufbewahrt werden dürfen.

Landriani vom Berliner Blau, 42. Girtanner in v. Crell's neuesten Entd. d. Chemie, XI. 3. und in dessen chem. Annalen, 1788. I. 195. Westrumb über die Auflöslichkeit des Eisens im bloßen Wasser, in dessen kleinen phys.-chem. Abhandlungen, III. 249 u. f. — Payen, in Erdmann's Journ. f. techn. u. ökonom. Chemie. B. 16. S. 24 u. f.

§. 146.

Wenn man Eisenfeile oft mit frischem Wasser begießt, so geht die schwarze Farbe des Eisenkalks zuletzt in eine röthlichbraune über, oder das Eisen wird zuletzt vollkommen oxydirt. Trocknet man das auf diese Art erhaltene Oxyd und glüht es demnächst aus, so erhält man aus 100 Theilen desselben nach Berzelius 85,3 Theile schönes, rothes, dem Magnet durchaus nicht folgsames Eisenoxyd, welches sich gänzlich wie das reine vollkommene Eisenoxyd verhält. Der beim Glühen entstehende Verlust von 14,7 Procent ist reines Wasser. Das Eisenoxyd hat also die Eigenschaft sich mit Wasser zu verbinden, und zwar in diesem Fall in einem solchen Verhältniß, daß der Sauerstoffgehalt des Wassers halb so viel beträgt, als der des Oxyds. Man nennt die Verbindung des Eisenoxyds mit Wasser Eisenoxydhydrat, und erhält dies Hydrat auch, wenn eine Auflösung von Eisenoxyd in Säuren durch vollkommen kaustisches Ammoniak niedergeschlagen und der Niederschlag einige

Zeit mit Ammoniak digerirt wird. Bei Befolgung dieser letzteren Vorsichtsmaaßregel wird man stets Hydrate erhalten, deren Wassergehalt mit dem von Berzelius angegebenen Verhältniß übereinstimmen. Von diesem Wassergehalt des Hydrats ist der zufällig anhängende Wassergehalt, welcher schon bei der Erhitzung bis zum Siedepunkt verjagt wird, wohl zu unterscheiden. Es giebt natürliche Eisenoxyd-Hydrate (Braun-Eisenstein), die oft ziemlich rein und von andern Beimengungen frei sind.

Berzelius in der oben (§. 143.) angezeigten Abhandlung.

§. 147.

Die Verbindung des Eisenoxyduls mit Wasser, oder das Oxydulhydrat, ist zwar vorhanden, aber, für sich allein bestehend, künstlich nicht darstellbar. Die weißen Niederschläge, welche die kaustischen Alkalien mit den Eisenoxydulsalzen geben, sind solche Hydrate des Oxyduls, welche sich aber bei dem geringsten Zutritt der Luft zuerst grau, dann grün, dunkelblau und endlich gelb färben. Die so gefärbten Niederschläge sind Gemenge von Oxydul-Hydrate mit dem Oxydhydrat, welche an der freien Luft in den vollkommenen Oxydations-Zustand übergehen. In der Natur kommen die Verbindungen des Oxyds mit dem Wasser, oder die Eisenoxyd-Hydrate, in manchen Eisenerzen unter sehr verschiedenen Verhältnissen vor. — Das Hydrat ist übrigens im Wasser ebenfalls völlig unauflöslich. Wird das frisch niedergeschlagene, weiße Oxydul-Hydrat in verschlossenen Gefäßen in der Flüssigkeit aufgekocht, so bekommt es die natürliche schwarze Farbe des Oxyduls, indem das Wasser abgeschieden wird.

Wirkung der feuchten Luft auf das Eisen.

§. 148.

Eben so wenig wie das reine Wasser, wirkt auch die trockene Luft in der gewöhnlichen Temperatur und bis zu dem Grade der Hitze, in welchem das Eisen zuerst mit lichtgelber Farbe anzulaufen anfängt, auf das Eisen. Es ist indeß

eine bekannte Erfahrung, daß das Eisen in feuchter Luft mit einem gelben Ueberzuge, den man Rost nennt, bedeckt wird. Das Rosten des Eisens wird als eine Folge der vereinigten Wirkung der Luft und des Wassers auf dasselbe angesehen, und die gelbe Farbe läßt schon auf den Wassergehalt des Rostes schließen. Obgleich die Meinungen über die Natur des Rostes noch verschieden sind, indem er nach Bergman aus 24 Kohlensäure und 76 Oxyd (ein Verhältniß, welches indeß als unrichtig angesehen werden muß), nach Hausmann aus Eisenoxyd mit Wasser, und nach Thomson aus basischem kohlensaurem Eisenoxyd mit Wasser bestehen soll; so ist es wenigstens als entschieden anzusehen, daß er ein wirkliches Hydrat ist, welches sich (nach meinen Versuchen) mit basischem kohlensaurem Eisenoxyd verbunden hat. — Hr. Vauquelin hat gezeigt, daß der Rost eben so, wie jeder andere poröse Körper, alle fremdartigen Substanzen, welche sich zufällig in der Atmosphäre befinden, zu absorbiren vermag, weshalb er oft sehr fremdartige und zufällige Beimengungen enthalten kann, worunter vorzüglich Ammoniak zu gehören scheint.

Hr. v. Bonsdorff hat durch viele Versuche erwiesen, daß das Rosten des Eisens, welches in bewohnten Zimmern und bei verschiedenen Einrichtungen des gewöhnlichen Lebens vorkommt, keinesweges von der Feuchtigkeit der Luft herrührt, wenn diese auch bis zum Maximum gebracht wäre, sondern in Folge oxydirter Punkte an Rissen und Unebenheiten in der Masse des Eisens, welche, vermöge einer Aeußerung der Contact-Elektricität, durch wechselseitige Einwirkung des reinen und des oxydirten Metalles, als electro-negativ, Wasserdünste aus der Luft niederschlagen, und solchergestalt die Bildung des Oxyd-Hydrates befördern; daß außerdem verschiedene, in der Luft zufällig entwickelte gasförmige Körper, z. B. Schwefelwasserstoffgas, flüssige Säuren, besonders Essigsäure, nebst mehren anderen Stoffen, unter Mitwirkung der Wasserdämpfe in der Luft, das

Rosten des Eisens hervorbringen, zuweilen vielleicht als ein secundaires oder tertiaires Produkt (Schwefelwasserstoffgas z. B. bildet zuerst Schwefeleisen, welches sich bald zu schwefelsaurem Salz oxydirt, welches sich nachher zersetzt und basisches schwefelsaures Eisenoxyd als einen rostförmigen Beschlag zurückläßt), zuweilen vielleicht bloß als das Resultat einer disponirenden Wirkung des fremden Körpers.

Archiv für Bergbau und Hüttenwesen X. 276. — v. Bonsdorff, in Poggendorff's Annalen B. 42. S. 332.

§. 149.

Das weiße Roheisen mit Spiegelflächen ist dem Rosten fast gar nicht, alles andere weiße Roheisen aber dieser Veränderung seiner Oberfläche weniger unterworfen als der Stahl und als das graue Roheisen. Stabeisen überzieht sich am schnellsten mit Rost, besonders das rothbrüchige. Kaltbrüchiges Eisen rostet von allem am wenigsten und am langsamsten. Die besten Verwahrungsmittel gegen den Rost sind reine, trockene Luft und eine schöne Politur der Oberflächen. Weil dem Stahl und dem weißen Roheisen, wegen ihrer Dichtigkeit, der höchste Grad der Politur gegeben werden kann, so lassen sie sich auch gegen den Rost am besten bewahren. Poröse Stellen, Gruben und Aschenflecke geben die erste Veranlassung zum Rosten. Bei den polirten Eisenwaaren hängt auch von der Beschaffenheit der Polirpulver sehr viel ab. Feingeschliffene und polirte Eisenwaaren schützt man durch fette Ueberzüge, welche das Eisen nicht angreifen, gegen das Rosten. Solche Ueberzüge gewähren das gereinigte Baumöl und alle wasserfreie Oele, die sich mit der Zeit nicht zu sehr verdicken: z. B. Nußöl, Buchenöl, und nach Conté ganz besonders eine Mischung von $\frac{1}{5}$ fettem Oelfirniß mit $\frac{4}{5}$ rectificirtem Terpentinöl. Alle diese Ueberzüge wischt man beim Gebrauch der Eisen- oder Stahlwaare ab, und diese erscheint dann wieder mit ihrer natürlichen Politur. — Hr. Aikin empfiehlt als einen ganz vorzüglichen Ueberzug

für alle polirte Eisen- und Stahlwaaren das Kautschuck, welches in Terpentinöl aufgelößt, einen Firniß giebt, der sich eben so leicht auftragen, als durch Bürsten mit erwärmtem Terpentinöl leicht wieder wegbringen läßt. Dieser Ueberzug soll das Rosten völlig verhindern. — Kopal- oder Bernsteinfirniß, mit denen die Eisenwaaren überstrichen und dann in einer Temperatur bis zum Siedepunkt des Wassers getrocknet werden, leisten ebenfalls gute Dienste.

Rinman a. a. O. I. 73 u. f., II. 342 u. f. — Aikin, im Archiv für Bergbau und Hüttenwesen. VI. 415.

§. 140.

Kommt es nicht darauf an, daß die gegen den Rost zu schützende Eisen- oder Stahlwaare ihre natürliche Eisenfarbe behalten darf, so überzieht man sie mit einem Lack oder Firniß (gröbere Sachen auch wohl mit Theer), und läßt diese Ueberzüge entweder in mäßiger Wärme eintrocknen oder abbrennen, welches Letztere nur bei den schwarzen oder auch bei den gröberen Ueberzügen, den die Gußwaaren erhalten, der Fall ist. Die Kunst des Lackirens der Eisen- und Stahlwaaren hat in der neuesten Zeit einen hohen Grad von Vollkommenheit erreicht. — Eine andere Art, das Eisen gegen das Rosten zu schützen, besteht darin, daß man es blau anlaufen läßt (§. 90 u. f.). Die Ursache, warum die blau angelaufene Fläche dem Rosten besser widersteht, als die nicht angelaufene, ist schwer anzugeben. Endlich pflegt man das Eisen in gewissen Fällen auch wohl durch das Rosten selbst gegen das Rosten zu schützen, welche Verfahrungsart man Bruniren oder Braunbeizen nennt. Die Oberfläche des Eisens wird nämlich mit fressenden und angreifenden Sachen (Säuren aller Art, auch mit salz- und salpetersaurem Eisenoxyd) bestrichen und einige Tage lang zum Rosten hingestellt. Ist der Rost überall ganz gleichartig zum Vorschein gekommen, so überstreicht man das Eisen mit Baumöl, und reibt es mit einem Lappen so lange, bis die Fläche nicht

mehr abfärbt. Auf diese Art läßt sich bei Gußwaaren, bei Gewehrläufen ꝛc. eine schöne braune Fläche darstellen.

Rinman a. a. O. I. 86 u. f. — Annals of Philosophy XI. 238. — Verfahren Flintenläufe zu bruniren; in dem Kunst- und Gewerbe-Blatt des polytechnischen Vereins für das Königreich Baiern. Jahrgang 1824. viertes Quartal S. 279. — Prechtl's Jahrbücher des Wiener polytechnischen Instituts IV. 593. X. 143. — Erdmann und Schweigger Seidels Journal f. praktische Chemie I. 127.

Eisen und Stickstoff.

§. 151.

Ob überhaupt eine Verbindung des Eisens mit Stickstoff vorhanden sey, ist noch sehr problematisch. Läßt man Dämpfe von Ammoniack über rothglühendes Eisen streichen, so wird das Ammoniack zersetzt. Nach Versuchen, die Hr. Savart angestellt hat, erhält das Eisen — in Gestalt von Dräthen angewendet, — nach neunstündiger Dauer des Versuches eine Gewichtsvermehrung von $\frac{1}{810}$ und das specifische Gewicht vermindert sich von 7,788 bis 7,6637. Das Eisen wird, wenn das Gas nur 1 oder 2 Stunden lang darüber weggeströmt ist, spröde, erhält einen feinen Stahlbruch, läßt sich in diesem Zustande härten und giebt am Stein Funken. Läßt man die Einwirkung länger, z. B. 8 bis 10 Stunden, fortdauern, so kann das Eisen nicht mehr gehärtet werden, es wird vielmehr weicher als gewöhnliches Eisen, erhält eine schwärzlichgraue Bruchfläche und wird im Gefüge fast dem Reißblei ähnlich. Hr. Savart vermuthet, daß der Grund dieser Veränderungen des Eisens in der Verbindung mit der hypothetischen Grundlage des Ammoniack — den Ammonium — zu suchen sey.

Hr. Desprez fand, daß bei einer 6, 8 und mehrstündigen Dauer der Erhitzung des Eisens in einem Ammoniackstrom, das absolute Gewicht des Eisens, ohne daß dabei eine Gewichts-

vermehrung durch Oxydation statt gefunden hätte, sich um 5 bis 11 Procent erhöhete. Das Eisen wird durch die Behandlung im Ammoniackgase weiß, spröde, sogar zerreiblich, weniger an der Luft und im Wasser veränderlich, behält aber seine Auflöslichkeit in Säuren und seine magnetische Eigenschaft. Hr. Despretz ist der Meinung, daß die auffallende Veränderung des Eisens durch Ammoniack darin ihren Grund habe, daß es sich mit Stickstoff verbindet, welche Verbindung aber in der Hitze größtentheils wieder zersetzt wird, denn das veränderte Eisen giebt beim Auflösen in Schwefelsäure weniger Wasserstoffgas als reines Eisen; außerdem ist das Wasserstoffgas aber noch mit Stickgas gemengt und in der Flüssigkeit bildet sich Ammoniack, welches sich, nach dem Abdampfen, durch Kalk entwickeln läßt. — Später angestellte Versuche haben den Hrn. Despretz sogar zu dem Resultat geführt, daß das Eisen in wasserfreiem Stickgas unmittelbar mit Stickstoff verbunden werden könne. Ueber das Verhalten dieser Verbindung ist übrigens nichts weiter bekannt geworden.

Savart, in den Ann. de Chimie et de Phys. XXXVII. 326. — Despretz, Ebendas. XLII. 122. — Despretz, in dem Journ. de Chemie méd. IX. 48.

Eisen und Kohle.

§. 152.

Wenn Stabeisen im heftigsten Feuer, ohne alle Zusätze und bloß mit einer glasartigen Masse bedeckt, um es gegen die Einwirkung der Luft zu schützen, geschmolzen wird, so behält es nach dem Erkalten seine vorigen Eigenschaften (§. 114.). Durch einen Zusatz von Kohle kommt es ungleich früher zum Schmelzen, aber die geschmolzene Masse hat nun nicht mehr die Eigenschaften des Stabeisens, sondern die des Stahls oder des Roheisens. Diese Erfahrung, welche zuerst beim Cementiren des Stabeisens zu Stahl gemacht ward, ist schon sehr alt, aber von

den früheren Metallurgen unbenutzt geblieben, um durch sie einen Aufschluß über die Natur und Beschaffenheit der verschiedenen Eisenarten zu erhalten. Bergman machte zuerst auf die Wichtigkeit dieses Erfolges für die Erklärung der verschiedenen Zustände des Eisens aufmerksam, und fand an Rinman einen würdigen Nachfolger, indem dieser jene Erfahrung auf die Erscheinungen der Eisenbereitung und der Umänderung einer Eisenart in die andere im Großen, anwendete. Der damalige Zustand der chemischen Kenntnisse gestattete es indeß nicht, eine genügende und für alle Fälle ausreichende Erklärung zu geben, weil das Phlogiston, welches nach der damaligen Ansicht ein nothwendiger Bestandtheil aller verbrennlichen Körper war, um so weniger ausreichte, die Ursachen aller Veränderungen zu ergründen, als der Begriff von Phlogiston selbst schwankend und unbestimmt war. Beide sahen sich daher schon genöthigt, ein feineres und ein gröberes Phlogiston anzunehmen, wovon das erstere der allen brennbaren Körpern zukommende Bestandtheil, das letztere aber ein kohlenartiges Wesen seyn sollte. Die lichtvolleren Begriffe über chemische Verbindung, welche Lavoisier zuerst mit großer Klarheit entwickelte, verschafften in Frankreich zuerst eine angemessenere Einsicht von den Veränderungen, welche das Eisen bei seinem Uebergange aus einem Zustande in den anderen erleidet. Scheele hatte zwar schon früher (1799) die kohleartige Natur des Reißbleies erkannt; die französischen Chemiker Vandermonde, Berthollet und Monge prüften diesen bis dahin räthselhaften Körper aber genauer (1786), und zeigten, welchen Einfluß derselbe auf die Eigenschaften des Eisens äußere. Man fing nun allgemein an, Stahl und Roheisen als eine Verbindung des Stabeisens mit Kohle oder Reißblei, in sehr verschiedenen Verhältnissen anzusehen, und theilte dem Roheisen einen größeren Gehalt an Kohle oder Reißblei zu, als dem Stahl, weil man fand, daß der Stahl durch Aufnahme von mehr Kohle eine roheisenartige Natur erhielt. Von

den Grundsätzen dieser Theorie ausgehend, bemühten sich mehre Naturforscher, vorzüglich Clouet und Mushet, Stahl von jeder Stufenfolge der Härte, durch das Schmelzen des Stabeisens mit mehr oder weniger Kohlenstoff zu erhalten. Man fand aber bald, daß man es nicht in seiner Gewalt habe, die Eigenschaften des zu erhaltenden Produkts genau zu bestimmen, und daß der Stahl bald härter bald weicher ausfalle, als er nach der Quantität der zugesetzten Kohle hätte dargestellt werden müssen. Dies veranlaßte Clouet, seine Untersuchungen in der Art abzuändern, daß er dem Stabeisen die Kohle durch solche Körper mitzutheilen bemüht war, welche sie (die Kohle) nur in Verbindung mit Sauerstoff, oder als Kohlensäure enthalten. Obgleich die Theorie durch diese interessanten Versuche, wenn sich die Voraussetzung, unter welcher sie angestellt wurden, bestätigt hätte, eine nicht erwartete Erweiterung erhalten haben würde, so hätte die Praxis doch daraus keinen Vortheil ziehen können, weil ihr einfachere Mittel zur Bereitung des Gußstahls — den Clouet durch diese Versuche eigentlich erhalten wollte, und nach seiner Versicherung auch wirklich darstellte — zu Gebot stehen. Eine Reihe von Versuchen, welche Hr. Mushet anstellte, gewährte bald die Ueberzeugung, daß beim Umschmelzen des Stabeisens in Thontiegeln, ohne Kohlenzusatz, mit dem Eisen zwar eine Veränderung vorgehe, daß diese aber mit Erden und Glasflüssen fast in ähnlicher Art erfolge, als wenn kohlensaure Kalkerde als Zusatz angewendet wird. — Daß bei der Reduktion der Eisenoxyde durch Kohle sehr viele Nebenumstände zu berücksichtigen sind, und daß nach den verschiedenen Verhältnissen der den Eisenkalken oder Eisenerzen zugesetzten Quantitäten von Kohle, bald Stabeisen-, bald Stahl-, bald Roheisenkönige erhalten werden, hat Tiemann durch eine Folge von interessanten Versuchen sehr gut gezeigt, auch die Versuche von Clouet und Mushet wiederholt, und theils bestätigt, theils berichtigt; allein es geht aus diesen Versuchen auch her-

vor, daß noch nicht genug bekannte Einflüsse die Resultate der Versuche sehr abändern können. Wahrscheinlich ist der Grad der Hitze, der sich bei diesen Versuchen nicht bestimmen, und am wenigsten bei allen Versuchen gleich stark anwenden läßt, von dem größten Einfluß, besonders auf die Beschaffenheit des auszubringenden Roheisenkorns. Man hat selbst auf dem Grund dieses längst bekannten Verhaltens der Eisenerze mit der Kohle, kürzlich wieder Verfahrungsarten angepriesen, aus einem und demselben Eisenerz nach Belieben Stabeisen, Stahl oder Roheisen darzustellen, je nachdem man den Zusatz der Kohle zur Reduktion verminderte oder erhöhe; allein diese Darstellungsmethoden der verschiedenen Eisenarten können für die Praxis kaum von großem Werth seyn. Die Eisenerze sollen zuerst in besonderen Gefäßen, — welche der Luft den Zutritt nicht gestatten, sondern nur die Entweichung des Kohlenoxydgases und der Kohlensäure, die sich bei der Reduction entwickeln, zulassen, — geröstet oder reducirt werden. Das reducirte Erz soll dann in Flammenöfen geschmolzen werden und die Flamme aus diesen Oefen dient zugleich zur Erhitzung der Reductionsgefäße, welche sich in einem zweiten, mit jenem ersten verbundenen Flammenofen befinden. Ist nur so viel Kohle bei der Reduction vorhanden gewesen, als zur Entfernung des Sauerstoffes des oxydirten Eisens im Erz erforderlich war, so wird das Resultat des Zusammenschmelzens der gerösteten Eisenmasse im Flammenofen, ein reines Stabeisen seyn. War mehr Kohle angewendet worden, so soll sich dieselbe mit dem reducirten Eisen bei dem Röst- oder Reductions-Prozeß verbinden und bei Zusammenschmelzen der gerösteten Masse demnächst Stahl oder Roheisen geben. Es ist zwar nicht zu bezweifeln, daß ein solcher Erfolg eintreten kann; allein eben so wenig ist es zu läugnen, daß man es nicht in der Gewalt hat, die Beschaffenheit des entstehenden Produktes genau zu bestimmen, und daß das Verfahren nur unter besonders günstigen Umständen, nämlich nur bei der Reduction ganz reiner

Eisenerze, oder reiner oxydirter Eisenmassen, überhaupt anwendbar ist.

Des sehr eleganten Versuches, Stabeisen durch Schmelzen mit Diamanten in Stahl zu verwandeln, muß hier noch Erwähnung geschehen. Dieser Versuch ward im Jahr 1799 durch die Herren Guyton Morveau, Clouet, Welter und Hachette in Paris angestellt und das Resultat desselben bestätigtedie schon früher gewonnene Ueberzeugung, daß der Stahl eine Verbindung des Eisens mit Kohle sey.

Bergman, de analysi ferri, Upsal 1781 und in seinen Opusc. phys. chem. III. 1 seq. — Rinman a. a. O. II. 282 u. f., 754 u. f. — Vandermonde, Berthollet und Monge über das Eisen in seinem verschiedenen metallischen Zustande, aus den Mém. de l'acad. royale des sciences, 1786. übers. in v. Crell's chem. Annalen f. 1794. I. 353 u. f., 460 u. f., 509 u. f. — Morveau Untersuchung der Thatsachen, welche bei der Theorie von der Verwandlung des Eisens in Stahl zur Grundlage dienen müssen. v. Crell's chem. Annalen f. 1792. I. 554 u. f. — Resultats d'experiences sur les differents états du fer, par Clouet in dem Journ. des mines, Nr. 43. p. 3—12. vergl. Scherer's chem. Journ. III. 371—374. VI. 646. — Auszug aus des Hrn. Guyton de Morveau Bericht über Clouet's Abhandl. von der Verschiedenheit des Zustandes, in welchem das Eisen vorhanden seyn kann, und über die Resultate seiner Erfahrungen über die Umänderung des Eisens zu geschmolzenem Stahl (aus den Annal. de Chimie, XXVIII. 19—39. und Journ. des mines, Nr. 45. p. 703.) in v. Crell's chem. Annalen f. 1800. II. 55—65. — Mussin Puschkin, über die Verwandlung des Eisens in Stahl. Scherer's chem. Journ. II. 496. — Nicholson, über die Natur des Stabeisens, des Roheisens und des Stahls; in Gilbert's Annal. d. Phys. III. 71—76. Collet-Descotils, über die Verwandlung des Eisens in Stahl, ohne Berührung mit einer kohlenstoffhaltigen Substanz. Gehlen's neues chem. Journ. II. 683—684. — Ueber die Verwandl. des Stabeisens in Stahl durch Schmelzen in verschlossenen Gefäßen Annales des Arts, V. 25—36. XIII. 225 u. f. — Mushet

Verfahren, alle Sorten von Stahl zu machen. v. Crell's chem. Annalen für 1801. II. 50. und für 1802. I. 218—226. — Tiemann's oben angeführte Abhandlung. (Verwandlung des Stabeisens in Stahl durch Verbrennen der Dimaanten. M. Kenzie in Scherer's chem. Journ. V. 362—379. Guyton de Morveau. Ebendas. IV. 170—177 u. s. f.) — Die verschiedenen Abhandlungen des Hrn. Mushet über Stahlbereitung aus Stabeisen durch Schmelzen desselben mit Kohle, so wie seine Prüfung der Clouetschen Theorie und die Untersuchungen über die Veränderungen, welche das Stabeisen durch Schmelzen mit Erden und Flüssen, ohne Zusatz von Kohle, erleidet, befinden sich in Tilloch's Philos. Magaz. V. 200. IX. 235. XII. 27. 97 u. 193. — Vergl. Archiv für Bergbau und Hüttenwesen IX. 373. 497. 417. — Ueber einige wichtige Gegenstände der Eisenhüttenkunde. Von A. Müller. Halle 1822.

W. Clay, Remarks of the new mode of producting wrought or malleable Iron direct from the Ore. Liverpool. 1838.

§. 153.

Daß es zur Umänderung des Stabeisens in Stahl, nicht einmal des Schmelzens des Stabeisens mit Kohle bedarf, sondern daß die Umwandlung schon erfolgt, wenn das Stabeisen nur mit Kohle geglühet wird, ist eine alte Erfahrung, und es gründet sich darauf ein wichtiger metallurgischer Proceß, nämlich die Fabrikation des Cementstahls. So viel man weiß, ist die Kohle, auch in der stärksten Hitze, die man künstlich hervorzubringen vermag, nicht flüchtig, sobald der Luftzutritt vollständig abgehalten wird, und eben so wenig kann sie geschmolzen oder in den flüssigen Zustand in der höchsten Temperatur versetzt werden. Auch das Stabeisen wird in derjenigen Temperatur, in welcher daraus durch Glühen mit Kohle der Cementstahl entsteht, noch nicht flüssig. Die Verbindung zwischen beiden Körpern wird also zu Stande gebracht, ohne daß einer derselben sich verflüchtigte oder in den flüssigen Zustand vor der Verbindung versetzt werden dürfte. Weil man sehr wenig Beispiele von Verbindungen dieser Art kennt, so hat Hr. Laurent ver-

sucht, den Vorgang bei diesem Prozeß auf eine besondere Art zu erklären, welche indeß mit allen Erfahrungen im Widerspruch steht. Die Verbindung der Kohle mit dem Eisen zu Stahl erfolgt jedoch nur in der Weißglühhitze, denn eine, viele Wochen lang fortgesetzte Rothglühhitze ist ganz unzureichend, eine Verbindung des Eisens mit Kohle durch das sogenannte Cementiren hervorzubringen. Daraus erklärt sich auch, weshalb beim Adouciren des Roheisens die Weißglühhitze vermieden werden muß (§. 135.). — Aus dem Erfolge des Cementirens des Stabeisens mit Kohle würde man schon längst zu der Einsicht haben gelangen können, daß Stahl eine Verbindung des Eisens mit Kohle sey, wenn der Zustand der chemischen Kenntnisse von der Natur der Körper, eine solche Erklärung zuläßig gemacht hätte. Eine Bestätigung — der es übrigens nach den jetzt erlangten Begriffen von der Verbindung der Körper nicht mehr bedarf, — daß das Stabeisen durch die Aufnahme von Kohle in Stahl umgeändert wird, gewährt der Versuch des Hrn. Vismara. Er zeigte, daß das ölbildende Gas, welches sich bei der Zersetzung fettartiger Substanzen in der Glühhitze entwickelt, eine Umwandlung des Eisens in Stahl hervorbringt, wenn die sich entwickelnden Gasarten durch ein Gefäß geleitet werden, in welchem sich das in Stahl umzuändernde Eisen befindet. Dies Gefäß braucht nur eine Temperatur von 54 bis höchstens 60 Gr. Wedgwood zu erhalten, um einen sehr guten Stahl darzustellen. Diejenige Kohle, welche gegen das Ende des Prozesses von dem Eisen nicht mehr aufgenommen wird, scheidet sich, in mancherlei äußeren Gestalten, in Substanz ab und bedeckt die Metallstäbe.

Vismara, im Archiv für Bergbau und Hüttenwesen XIV. S. 466. u. f. — Laurent, in den Ann. de Chimie et de Phys. T. 65. p. 417.

§. 154.

Um den Einfluß der Kohle auf das Eisen genauer beurtheilen zu können, ist es nothwendig, denjenigen Körper näher

kennen zu lernen, welcher unter gewissen Umständen bei der Erzeugung des Roheisens im Großen, und zwar jedesmal nur dann, wenn sehr graues Roheisen entsteht, gebildet wird. Dem Eisenhüttenmann ist dieser Körper unter dem Namen Gaarschaum und Eisenschaum bekannt. Alle Untersuchungen, welche mit dem Gaarschaum angestellt wurden, führten zu dem Resultat, daß er mit dem Graphit oder mit dem Reißblei vollkommen übereinstimme, weshalb er auch den Namen Graphit erhielt. In der stärksten Hitze in verschlossenen Gefäßen geglüht, bleibt der Graphit unverändert, und hat auch bis jetzt noch nicht zum Schmelzen gebracht werden können. Von Säuren und Alkalien wird er in der gewöhnlichen Temperatur eben so wenig, als von irgend einem anderen bekannten Körper angegriffen; in erhöheter Temperatur äußert er aber gegen mehre Säuren und Salze seine kohlenartige Natur, und verbrennt auch, wenn er unter Zugang der Luft stark und anhaltend geglühet wird, ohne Rauch und Flamme. Man hat aus den bei seiner Verbrennung entstehenden Produkten geschlossen, daß der Graphit eine Verbindung von Kohle mit Eisen sey, welche Annahme durch die früheren Versuche von Scheele, Gahn und von Saussure, so wie durch die späteren Untersuchungen der neueren Chemiker, besonders von Davy, Allen und Pepys gerechtfertigt zu seyn schien. Aus diesen Versuchen ergab sich, daß der Graphit durchaus keinen Sauerstoff in seiner Mischung hat, sondern daß er als eine Verbindung der metallischen Kohle mit Eisen betrachtet werden müsse. Ueber die Verhältnisse der Kohle zum Eisen im Graphit waren die Angaben der Chemiker verschieden. Scheele gab dem Eisengehalt zu 10 Procent, von Saussure nur zu 4 Procent an, und aus Gahn's Versuchen ergab sich, daß der Graphit 7 Procent Eisen enthalten solle.

Es ist aber jetzt nicht mehr zu bezweifeln, daß man über die Natur des Graphites, sowohl des in der Natur vorkommen-

den, als des bei der Eisenerzeugung in den Hohenöfen sich bildenden künstlichen, im Irrthum gewesen ist, indem man zufällige Verunreinigungen des Graphit mit Eisen und Eisenoxyden, für wesentliche Bestandtheile desselben gehalten hat. Wenigstens hoffe ich auf eine überzeugende Weise dargethan zu haben, daß der natürliche Graphit, abgesehen von seinen mechanischen Beimengungen, ganz reine Kohle ist, und daß der künstliche Graphit, welcher sich aus dem grauen Roheisen ausscheidet, als vollkommen reines Kohlenmetall betrachtet werden muß.

C. W. Scheele, Versuche mit dem Reißblei (Plumbago). Aus d. schwed. Abh. v. 1779. XL. 238. übers. in v. Crell's neuesten Entdeck. VII. 153. — Allen und Pepys, über die Verhältnißmenge des Kohlenstoffs in der Kohlensäure, und über die Natur des Diamants, in Gehlen's Journal f. Chemie, Phys. und Min. V. 664 u. f. — Davy, Untersuchungen über die Zustände des Kohlenstoffs im Reißblei, in der Kohle und im Diamant. Schweigger's neues Journal f. Chemie u. Phys. II. 42 u. f. Schrader's Analyse des engl. und span. Graphits; im Magazin der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin, für 1810. S. 205. Kastner's Bemerkungen über den Graphit; in dessen deutschem Gewerbsfreunde, H. 1. S. 78—84. Karsten, über die Verbindung des Eisens mit Kohle; im Archiv für Bergbau und Hüttenwesen. VIII. 3 u. — Derselbe, über den natürlichen Anthracit und Graphit. Ebendas. XII. 90 u. f. — Ueber die Schmelzung des Graphits, des Anthracites und des Diamantes; in Schweigger's Journ., Neue Reihe IX. 87.

§. 155.

Weil sich nur in dem grauen Roheisen durch die Analyse Graphit auffinden läßt, weil sich ferner das graue Roheisen, durch plötzliches Abkühlen beim Erstarren, in weißes Roheisen, und dieses wieder, durch Schmelzen in einer sehr starken Hitze und durch ein darauf folgendes höchst langsames Erstarren, in graues Roheisen umändern läßt; so geht schon daraus hervor, daß die Quantität der Kohle allein, den Unterschied der ver-

schiedenen Verbindungen des Eisens mit Kohle nicht begründen kann, sondern daß zugleich auf den Zustand der Verbindung des Eisens mit der Kohle Rücksicht genommen werden muß. Schon Rinman erinnert, daß das Reißblei gar kein nothwendiger Bestandtheil des Roheisens sey, und daß ein und dasselbe Roheisen bald Graphit enthalte, bald nicht. Man erklärte die Ursache der Verschiedenheit des grauen, des weißen Roheisens, des harten, des weichen Stahls und des Stabeisens, bloß aus der verschiedenen Quantität des Kohlegehalts, und berücksichtigte nicht, in welchem Zustande die Kohle mit dem Eisen verbunden war. Mushet suchte ein genaues Verhältniß des Kohlegehalts zum Eisen auszumitteln, um nach diesem verschiedenen Gehalt das Eisen klassificiren und bestimmen zu können, ob es Roheisen, Stahl oder Stabeisen sey. Nach seinen Erfahrungen nimmt die Härte des Eisens nach dem Verhältniß der damit verbundenen Kohle so lange zu, bis die Kohle etwa $\frac{1}{60}$ der ganzen Masse beträgt. Dann hat die Härte das Maximum erreicht, das Metall hat eine silberweiße Farbe, und verliert sein körniges Gefüge. Bei zunehmendem Kohlegehalt vermindert sich die Härte wieder in demselben Verhältniß, wie die folgende Tabelle zeigt:

Kohlegehalt.	Resultat.
$\frac{1}{120}$	Weicher Gußstahl.
$\frac{1}{100}$	Gewöhnlicher Gußstahl.
$\frac{1}{90}$	dergl., aber härter.
$\frac{1}{50}$	dergl., aber zu hart.
$\frac{1}{25}$	Weißes Roheisen.
$\frac{1}{20}$	Halbirtes Roheisen.
$\frac{1}{15}$	Dunkelgraues Roheisen.

Diese Angaben, welche in alle Lehr- und Handbücher der Chemie und der Metallurgie u. s. f. übergegangen sind, weil sie eine bequeme Stufenleiter abgeben und zur Erklärung des verschiedenartigen Verhaltens der Verbindungen des Eisens mit

der Kohle zureichend zu seyn schienen, sind nichts desto weniger ganz unrichtig, und haben nur dazu gedient, von weiteren Untersuchungen abzuhalten. Sie erklären nicht, warum das weiche, körnige und graue Roheisen, unter gewissen Umständen, und bei gleich bleibendem Kohlegehalt, ein weißes, hartes, sprödes Metall mit strahligem Bruch werden kann, und warum das letztere sich wieder in ein graues, weiches, geschmeidiges und körniges Roheisen umändert, obgleich der Kohlegehalt unverändert derselbe bleibt.

Wie unrichtig die hier angegebenen Verhältnisse sind, zeigt sich am auffallendsten dadurch, daß das weiße Spiegeleisen ohne Gewichtsveränderung in einem mit Kienruß ausgefütterten Tiegel zum Schmelzen gebracht wird, wogegen sehr viele Arten von grauem Roheisen bei ähnlicher Behandlung eine Zunahme ihres Gewichtes erhalten, also noch Kohle aufnehmen, mit welcher das Eisen im weißen Spiegelroheisen schon gesättigt ist.

Rinman a. a. O. II. 759. — Mushet, on the different Proportions of Carbon, which constitute the various qualities of crude Iron and Steel. In Tilloch's Philosoph. Magaz. XII. 322—327. XIII. 3—9. 142—149.

§. 156.

Aus einigen Erscheinungen, deren Erörterung weiter unten vorkommen wird, und weil ihnen die geringe Verschiedenheit des Kohlegehalts vielleicht nicht zureichend schien, um daraus allein die große Verschiedenheit der Eigenschaften des grauen und des weißen Roheisens zu erklären, hielten sich die französischen Chemiker Monge, Berthollet und Vandermonde berechtigt, im weißen Roheisen auch einen Sauerstoffgehalt anzunehmen. Vielleicht würde dies nicht geschehen seyn, wenn jene Chemiker auf den Zustand aufmerksam gewesen wären, in welchem die Kohle mit dem Eisen im weißen und im grauen Roheisen verbunden ist. Im weißen Roheisen, in so fern demselben nicht kleine Quantitäten von grauem Roheisen beigemengt sind, findet

die Analyse niemals eine Spur von Graphit auf, wogegen das graue Roheisen, im vollkommensten Zustande, ungleich weniger Kohle, die durch den Prozeß der Analyse eine Zersetzung erleidet, aber immer mehr oder weniger Graphit enthält. In beiden Roheisenarten ist aber keine Spur von Sauerstoff zu entdecken. Der Stahl giebt bei der Analyse nur Kohle, die durch den Prozeß der Untersuchung zersetzt wird und keinen Graphit. Eben so verhält sich auch das Stabeisen, nur daß die Menge der Kohle ungleich geringer ist, als im Stahl. Ganz reines Stabeisen (welches jedoch noch Erdbasen enthalten kann), welches man erhält, wenn Eisenfeile mit $\frac{1}{4}$ ihres Gewichtes reinem Glühspan im Thontiegel unter einer Decke von Glasflüssen geschmolzen wird, enthält keine Spur von Kohle.

§. 157.

Der eben erwähnte Unterschied zwischen einem Graphitgehalt und einem Kohlegehalt der verschiedenen Eisenarten scheint überflüssig, wenigstens unwesentlich zu seyn, weil der Graphit nichts anders ist, als die reine Kohle im metallischen Zustande. Der ganze Unterschied besteht auch eigentlich nur darin, daß der Kohlegehalt des Eisens, bei der einfachsten Untersuchungsmethode, nämlich bei dem Auflösen des Eisens in Säuren, theils in metallischer und unzersetzter Gestalt, nämlich als Graphit, theils in einen andern Zustande erhalten wird, in welchem die Kohle schon eine Zersetzung erlitten hat. Aber diese Zustände, in welchen die Kohle, bei der Behandlung der verschiedenen Eisenarten mit einer und derselben Säure, und unter ganz gleich bleibenden Umständen, erhalten wird, deuten offenbar darauf hin, daß sich die Kohle in einem ganz verschiedenen Zustande der Verbindung mit dem Eisen in den verschiedenen Eisenarten befinden müsse. Wäre es erlaubt, blos aus diesem einzigen Erfolge einen Schluß zu ziehen, so würde man annehmen können, daß das weiße Roheisen, der gehärtete und der ungehärtete Stahl und das Stabeisen zu Einer Art, und das graue Roheisen zu

einer zweiten, von der ersteren ganz verschiedenen Art der Verbindung der Kohle mit dem Eisen gehöre. Allein die auffallende Uebereinstimmung in dem Verhalten des gehärteten und des nicht gehärteten Stahls, mit dem Verhalten des weißen und des grauen Roheisens (§. 132.) giebt zu erkennen, daß diejenige Verbindung des Eisens mit der Kohle, aus welcher sich durch Behandlung mit Säuren kein Graphit, sondern nur Kohle im zersetzten Zustande darstellen läßt, ebenfalls noch verschiedenartige Zustände zeigt, welche durch die Quantität der Kohle allein, nicht genügend zu erklären sind. Denselben Veränderungen, welchen der gehärtete Stahl durch das Glühen unterliegt, ist auch das weiße Roheisen, und zwar in einem ungleich höheren Grade (§§. 130. 135.), ebenfalls unterworfen. Das durch das bloße Glühen des weißen, harten, spröden und strahligen Roheisens erhaltene graue, weiche, geschmeidige und körnige Produkt, welches dem grauen Roheisen auf der Bruchfläche überraschend ähnlich sieht, so daß man es, wenn man die Entstehungsart nicht kennt, nothwendig für graues Roheisen ansehen würde, mit welchem es übrigens ein ganz gleiches Verhalten zeigt; dieses Produkt giebt bei der Analyse keine Spur von Graphit, sondern ebenfalls nur zersetzte Kohle. Und dennoch scheint dies Produkt von dem weißen Roheisen, aus welchem es entstanden ist, eben so verschieden zu seyn, als das weiße Roheisen von dem grauen. Man wird daher genöthigt, bei denjenigen Eisenarten, welche bei der Analyse durch Säuren u. s. f. keinen Graphit, sondern nur zersetzte Kohle hinterlassen, wieder eine Unterabtheilung zu machen, und die weißen, harten und spröden Verbindungen (gehärteter Stahl und weißes Roheisen), von den grauen, weichen und geschmeidigen (ungehärteter Stahl und geglühetes weißes Roheisen) zu unterscheiden. Ob diese Unterschiede sich auch durch den verschiedenen Verbindungszustand der Kohle mit dem Eisen, bei gleich bleibendem Kohlegehalt nachweisen lassen, wird erst später erörtert werden können. Dagegen

zeigt die wirklich statt findende Umänderung des weißen Roheisens in graues, und umgekehrt, welche bloß eine Folge der verschiedenartigen Abkühlung des Eisens bei dem Uebergange aus dem flüssigen in den festen Zustand zu seyn scheint; daß sich der Verbindungszustand der Kohle, durch das bloße Glühen, weniger auffallend verändert, als in einer bis zur Schmelzhitze erhöheten Temperatur. Das graue Roheisen wird durch plötzliches Ablöschen nach dem Glühen nur etwas härter, behält aber seine Beschaffenheit als graues Roheisen, welche erst, — und dann auch größtentheils nur unvollkommen, — verloren geht, wenn es im flüssigen Zustande plötzlich zum Erstarren gebracht wird. Das weiße Roheisen wird durch langsames Erkalten nach anhaltendem Glühen grau und weich, hinterläßt aber keinen Graphit beim Auflösen in Säuren, welcher erst zum Vorschein kommt, wenn die Hitze bis zum Schmelzen gesteigert ward und die Abkühlung alsdann langsam erfolgte.

§. 158.

Die Verbindung der Kohle mit Eisen erreicht ihr Maximum, oder der Sättigungspunkt des Eisens mit Kohle, über welchen hinaus keine Aufnahme von Kohle mehr statt findet, tritt dann ein, wenn das Eisen sich mit 5,25 bis 5,75 Procent Kohle verbunden hat. Sie wird nur bei dem vollkommensten Spiegelroheisen angetroffen.

Von diesem Gehalt von 5,75 Procent Kohle abwärts, scheint das weiße Roheisen sehr veränderliche Quantitäten Kohle enthalten zu können. Bei einer bis zu 4½ Procent herunter gehenden Verminderung des Kohlegehalts ist die Abnahme des blättrigen Gefüges noch nicht sehr merklich; schreitet aber die Verminderung des Kohlegehalts noch weiter fort, so geht der Bruch aus dem blättrigen, strahligen und dichten, in einen körnigen über; die weiße Farbe nimmt in demselben Verhältniß ab, als das körnige Gefüge mehr hervortritt, und macht einer grauen Platz, die mit der fortgehenden Verminderung des

Kohlegehalts demnächst wieder lichter und lichter wird, je nachdem sich das Eisen, durch die unendlich vielen und kaum bemerklichen Uebergänge mehr dem stahlartigen Roheisen, oder dem roheisenartigen Stahl, dem weichen Stahl, dem eisenartigen Stahl, oder dem stahlartigen Eisen nähert. Die so genannten luckigen Flossen enthalten noch $3\frac{1}{2}$ Procent Kohle und verhalten sich schon wie ein sehr harter (nicht gehärteter) Stahl. Die Erscheinungen, welche das weiße Roheisen, der Stahl und das stahlartige Eisen bei der Behandlung in der Glühhitze, unter Zutritt der Luft darbieten, lassen sich durch die successive Verminderung des Kohlegehalts beim Verbrennen genügend erklären. Aber unerklärt bleibt die Umänderung des gehärteten Stahls und des weißen Roheisens in weichen Stahl und in weiches, grau gefärbtes Roheisen, durch das bloße Ausglühen ohne Luftzutritt, wobei sich also die Quantität der Kohle nicht verändert. Der sehr wahrscheinliche Grund dieser merkwürdigen Erscheinung kann erst später angegeben werden. Daß sich das unter Zutritt der Luft stark geglühte, und mit Glühspan bedeckte weiße Roheisen, nur dann völlig ausschmieden läßt, wenn es beim Ausschmieden oft geglüht und durch Ablöschen im Wasser angefrischt wird, hat darin seinen Grund, daß durch die Zersetzung des Wassers die Verbrennung des gekohlten Eisens mit befördert wird. Das weiße Roheisen wird dadurch schneller und zugleich mit Verminderung seines Kohlegehaltes zur Geschmeidigkeit gebracht, welches durch das bloße anhaltende Glühen, ohne Luftzutritt, nur langsam und zugleich ohne Abnahme des Kohlegehaltes geschehen kann. Sehr wesentlich ist dabei aber der Umstand, daß der mürbe und unzusammenhängende Zustand eines solchen, unter Luftzutritt geglüheten Roheisens, nur durch mechanisches Zusammenpressen wieder gehoben werden kann (§. 135.), zum Beweise, daß durch das Glühen eine Veränderung in der Textur des Eisens stattgefunden hat, welche nur durch mechani-

schen Druck wieder bis zum vollständigen Zusammenhang der Eisentheilchen zurückgeführt werden kann.

§. 159.

Das Verhältniß der Kohle zum Eisen in den verschiedenen Stahlarten ist ebenfalls näher geprüft worden. Die verschiedenen Guß- und Rohstahlarten, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, zeigten einen Kohlegehalt von 0,9 bis 1,9 Procent; im cementirten Stahl habe ich niemals mehr als 1,75 Procent Kohle gefunden. **Bergman** giebt in seiner wichtigen Abhandlung de analysi ferri den größten Kohlegehalt der von ihm untersuchten Stahlarten zu 0,8, und den geringsten Kohlegehalt zu 0,2 Procent an. Ohne Zweifel ist es cementirter Stahl gewesen, worin er einen so geringen Gehalt an Kohle fand; Cementstahl aus Oberschlesien, den ich untersuchte, hatte indeß doch 1,3 Procent Kohle. — Stabeisen sollte eigentlich keine Kohle enthalten, aber giebt es doch Stabeisen welches bis 0,8 Procent Kohle hält und sich dann dem weichen Stahl sehr nähert. Alles harte, feste und vorzüglich gute Stabeisen pflegt nicht unter 0,1 Procent Kohle zu enthalten; selbst in dem weichsten Stabeisen findet sich noch 0,02 Kohle. Im verbrannten Eisen habe ich nie eine Spur von Kohle gefunden (§. 110.). Hr. **Vauquelin** giebt den Kohlegehalt der von ihm analysirten Rohstahlarten zu 0,63 bis 0,79 Procent an. Alle diese Angaben sind sehr abweichend und müssen noch für wenig genau gehalten werden, weil es außerordentlich schwierig ist, den Kohlegehalt des Eisens genau zu bestimmen.

Vauquelin im Journal des mines, Nr. XXV. p. 1. — Kohlegehalt einiger Stahlarten. Archiv für Bergbau und Hüttenwesen VIII. 184.

§. 160.

Der Graphitgehalt des grauen Roheisens wechselt, nach meinen Untersuchungen von 2,57 bis 3,75 Procent. Das graue Roheisen enthält aber auch außer der Kohle, die als Graphit

gefunden wird, noch Kohle, die sich nur im zersetzten Zustande darstellen läßt. Ich habe den gesammten Kohlegehalt von verschiedenen Arten von grauem Roheisen abwechselnd von 3,15 bis 4,65 Procent gefunden. Der Kohlegehalt des grauen Roheisens ist folglich geringer als der des Spiegeleisens, und als der mehrsten Arten von weißem Roheisen, welche bei dem Betriebe der Hohenöfen gebildet werden. Dadurch wird es abermals einleuchtend, daß der Kohlegehalt des Roheisens allein die Verschiedenheit des grauen und des weißen Roheisens nicht begründen kann, sondern daß diese Verschiedenheit vorzüglich dem Zustande, in welchem die Kohle mit dem Eisen verbunden ist, zugeschrieben werden muß. Der Graphit bedarf zu seiner Entstehung des höchsten Grades der Hitze; das ist ohne Zweifel der Grund, warum man bei den Reductionen des Eisenoxyds durch Kohle, oder beim Schmelzen des Stabeisens mit Kohle im Kleinen, nur selten graues, sondern immer weißes Roheisen, selbst aus solchen Oxyden erhält, welche beim Verschmelzen im Großen sehr geneigt sind, graues Roheisen zu geben.

Karsten; über die Verbindung des Eisens mit Kohle. Archiv u. s. f. VIII. 3 u. f.

§. 161.

Der schnelle Uebergang des grauen Roheisens in weißes, bei plötzlicher Erstarrung, wodurch es möglich wird, das graue, weiche und körnige Roheisen in eine silberweiße, harte, spröde Masse, mit blättriger Textur zu verwandeln, und die Unmöglichkeit, das weiße Roheisen auf andere Weise, als durch sehr starke Schmelzhitze und durch höchst langsames Erstarren, in graues Roheisen umzuändern, — diese Erscheinungen beweisen es mit großer Ueberzeugung, daß sich der Graphit nur in der höchsten Temperatur bilden und, schon gebildet, nur bei einer langsamen Abkühlung bestehen kann. Geschieht die Abkühlung der flüssigen Masse zu plötzlich, so hört alle Graphitbildung auf, und die Kohle, statt sich zu isoliren und bei einem sehr lang-

samen Erstarren sich von dem Eisen so zu trennen, daß beide Metalle nur noch als Gemenge und kaum noch als Gemische zu betrachten sind, geht nun eine innigere und allgemeine Verbindung mit allem vorhandenen Eisen ein und verwandelt sich dadurch in das weiße Roheisen. Erfolgt die Erstarrung aber sehr langsam, so kann die Isolirung oder die Ausscheidung der metallischen Kohle, welche vielleicht eine Folge der Krystallisationskraft der sich bildenden Verbindungen und des Kohlenmetalles seyn mag, mehr oder wenig vollständig erfolgen, so daß sich graues oder halbirtes Roheisen bildet. Die Quantität der Kohle bleibt, wie die Analysen ergeben, ganz unverändert. Das weiße Roheisen mit den Spiegelflächen ist also nur eine wahre chemische Verbindung des Eisens mit der Kohle; das graue Roheisen dagegen ein Gemenge von einer wenig Kohle enthaltenden Verbindung des Eisens und der Kohle, mit freier und ungebundener Kohle, die bei den Analysen als Graphit erhalten wird.

§. 162.

Wird das weiße Roheisen durch Schmelzen nur in den flüssigen Zustand versetzt und nicht weit über seinen Schmelzpunkt hinaus erhitzt, so entsteht beim Erstarren immer wieder weißes Roheisen. Wird dasselbe gar nicht in den flüssigen Zustand versetzt, sondern nur in sehr hoher Temperatur anhaltend geglühet, und langsam abgekühlt, so kann die Isolirung der Kohle noch weniger bis zur Ausscheidung im ungebundenen metallischen Zustande steigen. Dies Streben zur Isolirung der Kohle scheint dann nur bis zu einem gewissen Grade erfolgen zu können, indem ein gewisser Antheil Eisen mit der sich isolirenden Kohle verbunden bleibt.

§. 163.

Wenn also das graue Roheisen nicht mehr Kohle enthält als das weiße, aus welchem es entstanden ist, und wenn das graue Roheisen einen großen Theil seines Kohlegehaltes im

metallischen Zustande (als Graphit) nur beigemengt enthält, so ergiebt sich von selbst, daß die übrige Masse des Eisens, aus welcher das graue Roheisen zusammengesetzt ist, nur mit einer geringen Menge von Kohle verbunden seyn kann; mit einer Menge, die in vielen Fällen ungleich geringer seyn muß, als die Quantität Kohle, welche im Stahl und selbst im Stabeisen angetroffen wird. Aus dieser Zusammensetzung des grauen Roheisens lassen sich die Eigenschaften desselben, nämlich sein körniges Gefüge, sein geringer Grad von Härte, das späte Anlaufen desselben in den ersten Hitzgraden, das späte Glühendwerden, der hohe Grad von Streng- und von Dünnflüssigkeit, sein Verhalten beim Glühen unter Zutritt der Luft, und die Eigenschaft, schneller zu rosten als das weiße Roheisen, genügend erklären.

§. 164.

Aus dem Vorgetragenen wird es einleuchten, daß eine mehrfache Art der Verbindung des Eisens mit der Kohle statt findet.

Das graue Roheisen ist ein Gemenge von stahlartigem Eisen mit Graphit; das anhaltend geglühete und dadurch grau und weich gewordene weiße Roheisen, wird ein Gemisch von stahlartigem Eisen mit einer eigenthümlichen Verbindung des Eisens mit vieler Kohle seyn müssen; der geglühete Stahl stellt ebenfalls solche Verbindungen dar, aber das weiße Roheisen und der gehärtete Stahl werden als Verbindungen von Kohle mit Eisen anzusehen seyn, welche zwar in sehr verschiedenen Verhältnissen des Kohlegehaltes, aber immer in gleichartiger Vereinigung mit einander bestehen. Die Verbindung des Eisens mit der Kohle ist von der höchsten Wichtigkeit für die verschiedenartigsten Anwendungen, welche von dem Eisen gemacht werden, denn durch die Quantität und durch die Art der Verbindung der Kohle mit dem Eisen, wird dies Metall in seinen drei verschiedenen Zuständen, als Stabeisen, als Stahl und als Roheisen erhalten, und von der richtigen Erkenntniß dieser Ver-

bindungen hängt die Erklärung aller Erscheinungen ab, welche bei der Erzeugung und Verarbeitung des Eisens vorkommen.

§. 165.

Man hat verschiedene Methoden zur Bestimmung des Kohlegehaltes des Eisens in Vorschlag und in Anwendung gebracht. Wegen der Veränderung, welche die mit dem Eisen chemisch verbundene Kohle durch die Einwirkung der Säuren oder anderer Reagentien auf das Eisen erleidet, ist es eine der schwierigsten Aufgaben, die Menge der mit dem Eisen vereinigten Kohle genau zu bestimmen. Es kann nicht zweifelhaft seyn, daß sich die Quantität der Kohle am zuverlässigsten bestimmen läßt, wenn man das Eisen in derselben Art wie eine organische Substanz behandelt und aus der durch die Oxydation der ganzen Masse erhaltenen Menge des kohlensauren Gases, die Menge der Kohle berechnet. Es wird dabei nur eine zuverlässige Methode vorausgesetzt, bei deren Anwendung man von der vollständigen Oxydation des Eisens überzeugt seyn kann. Diese Methoden gewähren dann eine genaue und vollständige Kenntniß von dem Kohlegehalt des Eisens, allein sie geben über den Verbindungszustand beider Körper mit einander noch weniger einen Aufschluß, als einige andere der bis jetzt bekannten Verfahrungsarten. Bei dem grauen Roheisen ist es nicht hinreichend, die Menge der Kohle in demselben überhaupt zu kennen, sondern es muß auch bestimmt werden, welcher Antheil von der ermittelten Menge sich in chemischer Verbindung mit dem Eisen befindet, und welcher Antheil im freien und mit dem Eisen nicht chemisch verbundenen Zustande, in dem grauen Roheisen vorhanden ist. Auch manches weiße Roheisen enthält noch Graphit in inniger Beimengung, und das sogenannte halbirte Roheisen kann chemisch gebundene und ungebundene Kohle in sehr verschiedenen Verhältnissen enthalten. Außerdem kann aber auch der Verbindungszustand der chemisch mit dem Eisen verbundenen Kohle, ein sehr verschiedener seyn (§§. 161—164.) und es

läßt sich nicht annehmen, daß die durch eine geeignete Analyse aufgefundene Quantität der chemisch gebundenen Kohle, immer mit der ganzen Menge des Eisens in gleicher Art verbunden sey und eine homogene Verbindung bilde. In demselben nicht geglüheten und (ohne Luftzutritt) anhaltend geglüheten Roheisen, so wie in demselben weichen und gehärteten Stahl, findet die Analyse einen ganz gleichen Kohlegehalt, aber der Verbindungszustand der Kohle mit dem Eisen ist in den harten oder gehärteten, und in den weichen oder geglüheten Eisenarten, unbezweifelt ein ganz verschiedener, obgleich die Analyse darüber keinen Aufschluß giebt. Dennoch ist es wesentlich nothwendig, diesen Verbindungszustand der Kohle mit dem Eisen zu kennen, weil nur dadurch eine richtige Kenntniß von der Natur des Eisens erlangt werden kann, welche die bloße Angabe des Kohlegehalts des Eisens nicht gewährt. So lange man kein Mittel kennt, diesen Verbindungszustand durch die Analyse nachzuweisen, wird man sich mit Vermuthungen und Andeutungen begnügen müssen, worauf demnächst zurück gegangen werden soll.

§. 166.

Hr. Berthier hat eine vollständige Musterung der verschiedenen Analysirmethoden der Eisenarten, hinsichtlich der Bestimmung ihres Kohlegehaltes angestellt. Diese Methoden sind folgende:

1. Durch Salpetersäure. Löst man Roheisen in schwacher Salpetersäure oder in sogenanntem Scheidewasser auf, so erfolgt die vollständige Auflösung des Eisens, des mit demselben verbundenen Mangans und des größten Theils des Siliciums. Der Rückstand ist ein Gemenge von Graphit und von Kieselerde. Aber der Graphit repräsentirt nicht die ganze Menge der im Roheisen befindlichen Kohle, weil sich ein Theil derselben, durch die Einwirkung der Säure, in eine braune, extractiv-stoffartige Masse umändert und in diesem Zustande in Säuren und Alkalien auflöslich ist. Die Kohlenmenge läßt sich daher nur

aus den Gewichts-Differenzen berechnen. Der unaufgelöst gebliebene und nach dem Trocknen genau gewogene Rückstand muß so lange unter Luftzutritt geglühet werden, bis der Graphit vollständig verbrannt ist. Aus dem Gewicht der zurück bleibenden Kieselerde wird das des Graphites berechnet. Die Menge der von der Säure aufgenommenen Kohle kann auf keine andere Weise als durch die sorgfältigste Analyse der in der Auflösung befindlichen Substanzen bestimmt und aus deren aufgefundenem Gesammtgewicht das Gewicht der Kohle ermittelt werden, indem das am Gewicht des zur Analyse angewendeten Roheisens fehlende Gewicht, als der Gehalt desselben an gebundener Kohle betrachtet wird. Daß diese Methode durchaus unzuverlässig ist, bedarf keiner Erörterung.

2. Durch Salpeter. Das gepulverte Eisen wird in einer Porcellanretorte mit Salpeter geschmolzen und in der geschmolzenen und verschlackten Masse die Menge der Kohlensäure aufgesucht, welche bei der Schmelzung gebildet worden ist. Auch dies Verfahren kann nur ein sehr unzuverlässiges Resultat, und über den Verbindungszustand der Kohle mit dem Eisen nicht den geringsten Aufschluß geben.

3. Verbrennen in Sauerstoffgas. Das Roheisen muß als ein höchst zartes Pulver angewendet werden. Die Analyse geschieht in derselben Art wie bei den Analysen organischer Substanzen. Ein Strom von Sauerstoffgas wird über das glühende Eisenpulver weggeleitet, bis die vollständige Oxydation des Eisens erfolgt ist. Das kohlensaure Gas wird aufgefangen und dessen Quantität bestimmt. Hr. B. versichert, daß dies Verfahren ein sehr genaues Resultat gebe, obgleich es sehr schwierig ist, die vollständige Oxydation des dicht über einander liegenden Pulvers auf diese Art zu bewirken.

4. Glühen mit Metalloxyden. Man kann Kupferoxyd oder Quecksilberoxyd anwenden, Hr. B. giebt dem Bleioxyd den Vorzug. Auch bei dieser Methode entwickelt sich kohlensaures

Gas, welches gemessen oder dessen Gewichtsmenge durch Kalkwasser, kaustisches Kali u. s. f. unmittelbar bestimmt wird. Wie die vorigen giebt auch diese Methode über den Verbindungszustand der Kohle mit dem Eisen keinen Aufschluß.

5. Chlorigtsaure Kalkerde. Eine Auflösung von chlorigtsaurer Kalkerde in Wasser oxydirt das feine Eisenpulver sehr schnell. Schon nach einigen Tagen ist das Eisen in Oxydhydrat verwandelt, wenn man das Pulver nur fleißig umrührt. Durch Wärme wird die Oxydation sehr befördert. Das Hydrat wird von der Flüssigkeit abgesondert und in Salzsäure aufgelöst, wobei nur Kohle und Kieselerde zurück bleiben. Dies Verfahren würde einfach und bequem seyn, wenn es nicht mit einem großen Verlust an Kohle verbunden wäre, besonders wenn das Roheisen viel Silicium enthält. Es entwickelt sich nämlich bei der Einwirkung der chlorigtsauren Kalkerde auf das Eisen sehr viel Wasserstoffgas (durch Wasserzersetzung) und zwar um so mehr, je reicher das Eisen an Silicium ist. Mit dem Wasserstoffgas entweicht eine große Menge Kohle als Kohlen-Wasserstoffgas.

6. Durch Hornsilber. Das Roheisen wird unter Wasser mit geschmolzenem Hornsilber zusammengebracht. Hr. B. ist der Meinung, daß auch bei diesem Verfahren ein Verlust an Kohle entsteht, wenn das Eisen Silicium enthält. Alle meine Untersuchungen, — deren Resultate sich durch spätere Analysirmethoden bestätigt haben, — sind mit Hornsilber angestellt und ich werde auf dies Verfahren später noch besonders zurück kommen müssen.

7. Durch Chlor. Man läßt Chlorgas über rothglühendes Eisenpulver wegstreichen. Das Gas muß vollständig trocken und der Apparat ganz frei von rückständiger atmosphärischer Luft seyn. Hr. B. fürchtet einen Gewichtsverlust, in so fern das Chlorgas nicht absolut trocken ist. Diese Methode zur Bestimmung des Kohlegehaltes ist aber auch deshalb sehr unbequem,

weil sie eine höchst sorgfältige Aufsicht während der ganzen Dauer der Operation erfordert, um den Apparat durch das in Menge sich bildende Chloreisen nicht zu zersprengen. Die Menge der Kohle wird in dem Rückstande aufgesucht. Auch dies Verfahren wird später noch näher betrachtet werden.

8. Durch flüssiges Chlor. Das Verfahren ist nicht anwendbar, weil es eine sehr lange Zeit wegen der geringen Auflöslichkeit des Chlor in Wasser erfordert.

9. Durch Brom. Es werden 3,5 Theile Brom und 30 Theile Wasser zur Oxydation von 1 Theil Eisen angewendet.

10. Durch Jod. Zu 1 Theil Eisen werden 4,5 Theile reines, unsublimirtes Jod genommen. Die Methoden mit Brom und Jod sind beide ganz zu empfehlen und erfordern keinen großen Zeitaufwand, aber sie sind nur bei solchen Eisenarten anwendbar, die nicht viel Silicium enthalten. Bei einem großen Siliciumgehalt des Eisens werden beide Methoden deshalb unzuverlässig, weil das Silicium, welches sich mit dem Brom und Jod nicht vereinigt, sich stets unter Entwickelung von Wasserstoffgas auf Kosten des Wassers oxydirt. Der Wasserstoff vereinigt sich dann mit der Kohle und beide bilden eine gasförmige, übel riechende Verbindung, durch welche das Gewicht der zurück bleibenden Kohle vermindert wird.

11. Durch Salmiack. In einer Salmiack-Auflösung in Wasser wird das Eisen zwar oxydirt, aber es entwickelt sich, außer dem Ammoniack, auch noch Wasserstoffgas, wodurch der eben gerügte Fehler eintritt. Außerdem schreitet der Oxydationsprozeß höchst langsam vor. — Auch das Erhitzen des fein gepulverten Eisens mit Salmiack ist eine beschwerliche und mühsame Operation, welche außerdem nicht zuverlässig ist, weil sich außer dem Ammoniackgas auch noch Wasserstoffgas entwickelt. Die Zersetzung des Eisens ist durch *eine* Operation, selbst bei einem großen Uebermaaß von Salmiack, nicht zu bewerkstelligen, sondern es bleibt ein Rückstand, bei welchem eine 2, 3 und

mehrfache Wiederholung des Sublimations-Verfahrens erforderlich ist.

12. Durch atmosphärische Luft. Dies Verfahren ist von Hrn. B. angegeben und wird von ihm als vorzüglich anwendbar und als sehr genaue Resultate gebend, gerühmt. Das fein zertheilte Eisenpulver wird in einem weiten Gefäß, z. B. in einem Porcellanmörser, mit sehr wenig destillirtem Wasser übergossen und der Oxydation überlassen, indem die Masse täglich umgerührt, die oxydirten Theile abgegossen und gesammelt, und auf den nicht oxydirten Rückstand frisches Wasser gegossen wird. Der Zusatz eines aufgelösten Eisensalzes, oder auch des Kochsalzes, beschleunigt die Operation, die 8 bis 10 Tage Zeit erfordert. Zwar würde dies auch durch einen Zusatz von einigen Tropfen Säure geschehen, den man aber vermeiden muß, weil die schwächste Säure, z. B. die Essigsäure, eine Entwickelung von Wasserstoffgas zur Folge hat. Wenn alles Eisen vollständig oxydirt ist, wird alles gebildete abgegossene Oxyd gesammelt, Salzsäure in Ueberschuß zugesetzt, die Auflösung zur Trockniß abgedampft, der Rückstand mit etwas angesäuertem Wasser übergossen, das Unaufgelöste auf einem Filtrum gesammelt, ausgewaschen, in einer Glasröhre scharf getrocknet, gewogen, dann unter Luftzutritt geglühet, bis alle Kohle verbrannt ist, und aus dem Gewichtsverlust der Gehalt an Kohle bestimmt, indem in der Glasröhre nur das Silicium, oder andere mit dem Eisen verbunden gewesene Körper, zurück bleiben. — Bei diesem, immer noch sehr complicirten Verfahren, ist es noch keinesweges erwiesen, daß die Oxydation des Eisens bloß durch die atmosphärische Luft, und nicht durch Wasserzersetzung, — wenigstens theilweise, — erfolgt. Man würde sich desselben daher nur bedienen, wenn man überzeugt seyn könnte, daß dabei durch Wasserstoffgas-Entwickelung wirklich kein Verlust an Kohle herbeigeführt würde, denn das Verfahren ist in der That ver-

wickelter als die auf die Anwendung von Brom und Jod beruhenden Methoden.

Alle diese Analysirmethoden haben den gemeinschaftlichen Fehler, daß sich die Menge der chemisch gebundenen Kohle dadurch nicht genau bestimmen läßt und daß sie über den Verbindungszustand dieses Theils des Kohlegehaltes mit dem Eisen, keinen Aufschluß geben. Leider kennt man aber noch keine Methode, welche der zuletzt erwähnten Mangelhaftigkeit abhelfen könnte. Die genaue quantitative Bestimmung der chemisch gebundenen Kohle ist nicht deshalb nicht möglich, weil die Kohle nicht in dem Zustande abgesondert wird, in welchem sie sich mit dem Eisen in Verbindung befindet, sondern weil sie, — wenn auch nur zu einem geringen Theil, — in Verbindung mit Wasserstoff entweicht und weil die zurück bleibende Kohle nicht mehr reine Kohle, sondern wahrscheinlich eine Verbindung mit Wasserstoff und Sauerstoff ist. Es würde ein besonderer Zufall seyn, wenn das, was am Gewicht der Kohle durch Entweichung in Verbindung mit Wasserstoff verloren geht, durch das Mehrgewicht wieder aufgewogen würde, welches die zurück bleibende Kohle durch ihren veränderten Zustand, nämlich durch ihre Verbindung mit Wasserstoff und Sauerstoff erhält. Immer wird daher eine Ungewißheit von mindestens einigen Zehntheilen eines Procentes des Kohlegehaltes entstehen, wenn die Analysirmethoden 5—12 in Anwendung gebracht werden.

§. 167.

Kommt es blos darauf an, die Quantität der Kohle im Eisen genau zu bestimmen, so ist keine Methode bequemer und zugleich zuverlässiger, als das vollständige Oxydiren des Eisens und das gleichzeitige Verbrennen der Kohle, um aus der erhaltenen Menge von kohlensaurem Gas die Quantität des Kohlegehalts mit aller Schärfe zu berechnen. Die vorhin (§. 166. 2—4.) angegebenen Methoden sind von dieser Art, indeß gewähren sie keine Ueberzeugung von der vollständigen Oxy-

dation des Eisens, worauf es bei diesen Untersuchungen vorzugsweise ankommt. Die von Hrn. Regnault in Vorschlag gebrachte Anwendung des chlorsauren Kali, in Verbindung mit chromsaurem Bleioxyd, mögte ohne Zweifel den Vorzug verdienen, weil sie zuverlässig ist. Das Verfahren ist folgendes: Es werden 5 Gr. möglichst fein zertheiltes Eisen mit 60 oder 80 Gran vorher geschmolzenem chromsaurem Bleioxyd gemengt. Etwa der dritte oder der vierte Theil des Gemenges wird bei Seite gelegt. Zu dem Uebrigen setzt man nachher 5 Gr. chlorsaures Kali, welche beinahe die zum Umwandeln des Eisens in Eisenoxyd erforderliche Menge Sauerstoff enthalten. Dieß dreifache Gemenge wird in eine Glasröhre gebracht, wie diejenigen sind, welche zu Analysen organischer Substanzen angewendet werden. Oben auf wird der Theil des Gemenges von Eisen und chromsaurem Kali geschüttet, welchen man bei Seite gelegt hatte. Endlich fügt man an die Röhre den gewöhnlichen Liebigschen Apparat zur Analyse organischer Substanzen. Man erhitzt den Theil der Röhre, welcher das Gemenge ohne chlorsaures Kali enthält, und wenn er rothglühend ist, auch den Theil, welcher das chlorsaure Kali enthält, und läßt die Erhitzung in dem Maaße weiter nach vorne fortrücken, als die Entwickelung der Gase nachläßt. Auf diese Weise wird das Eisen zuerst durch den Sauerstoff des chlorsauren Kali vollständig verbrannt, und nur eine sehr geringe Menge dieses Gases entweicht aus der Röhre. Wenn demnächst die Temperatur höher steigt, so wird das Verbrennen durch das chromsaure Bleioxyd vollendet, indem es beim Schmelzen die letzten Portionen Eisen oxydirt. Es ist angemessen, die Röhre mit einem Kupferbleche zu umgeben, weil gegen das Ende eine recht starke Hitze gegeben werden muß, um die vollkommene Schmelzung des chromsauren Bleioxyds zu bewirken. Die Oxydation des Eisens erfolgt vollständig. Man kann sich leicht davon überzeugen, wenn man nach dem Verbrennen die in der Röhre enthaltene Substanz

zerreibt. Man bemerkt alsdann, daß kein Theil der Substanz übrig geblieben ist, der sich vom Magnet anziehen läßt. Enthält das Eisen Schwefel, so entwickelt sich keine Spur von schwefligter Säure, sondern der Schwefel bleibt als schwefelsaures Bleioxyd ganz in der Röhre. Hr. R. hat sich davon durch Verbrennen des Schwefeleisens überzeugt. Wollte man nur chromsaures Bleioxyd allein anwenden, so würde man nicht alle Kohle in kohlensaures Gas verwandeln, denn das chromsaure Bleioxyd wird, indem es viel Sauerstoff verliert, weniger schmelzbar, und die Oxydation bringt schwieriger zum Mittelpunkt größerer Körnchen ein.

Berthier, recherche du carbone et du silicium dans différentes variétés de fonte et d'acier. In den Ann. des mines. 3me Série III. 209. — Regnault, Ann. de Chimie et de Phys. B. 70. p. 107.

§. 168.

Bei den Analysen zur Bestimmung des Kohlegehalts des Eisens auf nassem Wege, hat man, seitdem man die Ueberzeugung gewonnen hatte, daß durch das Auflösen des Eisens in Säuren durchaus kein Resultat zu erhalten sey, welches der Wirklichkeit auch nur entfernt nahe komme, seine Aufmerksamkeit besonders auf die Chlorverbindungen gerichtet. Außer dem Chlorsilber und dem Salmiack, habe ich Sublimat und Eisenchlorid angewendet. Der Sublimat wird in Calomel umgeändert und dadurch die Bestimmung des Kohlegehaltes nach der erfolgten Zerlegung des Eisens erschwert. Nächstdem erfolgt die Zersetzung kaum so schnell, wie die des Hornsilbers und ist mit Entwickelung von Wasserstoffgas verbunden. Auf dem trocknen Wege, in einem Apparat, wie er zu Analysen organischer Substanzen angewendet wird, bildet sich viel Eisenchlorur, wodurch die Anwendung des Sublimat sehr unbequem wird. — Wird fein zertheiltes Eisen in die wässrige Auflösung des Eisenchlorides gebracht, so entsteht augenblicklich eine starke Erhitzung, es ent-

wickelt sich übelriechendes Wasserstoffgas und es geht dadurch viel Kohle verloren. Die Wasserzersetzung durch das Eisen scheint also durch die Anwesenheit des Eisenchlorides nicht gehemmt, sondern befördert zu werden. — Hr. v. Berzelius hat das Kupferchlorid in Vorschlag gebracht, welches auch in der That vor allen Chlorverbindungen den Vorzug verdient. Nach den Untersuchungen, die ich über die Anwendung des Kupferchlorids zur Bestimmung des Kohlegehalts des Eisens habe anstellen lassen, muß eine erhöhete Temperatur möglichst vermieden werden, obgleich der Zersetzungsprozeß dadurch beschleunigt wird. Eine Temperatur von nicht über 5 bis 8° C. ist die zweckmäßigste. Bei einer hohen Temperatur ist eine Wasserzersetzung kaum zu vermeiden. Eben so ist es nothwendig, das Kupferchlorid in beträchtlichem Uebermaaß anzuwenden. Wenn auch die Zersetzung des Eisens durch Kupferchlorid unter allen ähnlichen Methoden den Vorzug verdienen mögte, so ist sie doch weit davon entfernt, zuverlässige und durchaus genaue Resultate zu geben. Der Kohleverlust durch entweichendes Wasserstoffgas scheint nicht sehr bedeutend, und bei Beobachtung einer niedrigen Temperatur kaum berücksichtigenswerth zu seyn; allein es ist dieser Methode derselbe Vorwurf wie allen ähnlichen Zersetzungsmethoden zu machen, daß nämlich die Kohle in einem veränderten Zustande abgeschieden wird, die genaue quantitative Bestimmung daher von dem unbekannten Zustande abhängt, worin sich die Kohle befindet, und daß der Zustand wahrscheinlich ein sehr veränderlicher und von dem Verbindungszustande abhängiger seyn wird, worin sich die Kohle mit dem Eisen selbst verbunden befand. Dann ist es auch erklärbar, weshalb die Temperatur der Kupferchlorid-Auflösung einen wesentlichen Einfluß auf die Quantität der zurück bleibenden Kohle äußern kann. Es ist fast ein Zufall, wenn man bei verschiedenen Temperaturen, in welchen der Zersetzungsprozeß vorgenommen wird, aus einem und demselben Eisen unter sonst möglichst gleichen Umständen

dieselben Quantitäten Kohle erhält und wenn nicht, bei der größten Sorgfalt, Differenzen von mehr als $\frac{1}{4}$ Procent eintreten. Diese Differenzen rühren kaum von den abweichenden Quantitäten Wasserstoffgas her, welches überhaupt nur sparsam entwickelt wird, sondern sie müssen ohne Zweifel vorzugsweise in dem Zustande gesucht werden, in welchem sich die abgeschiedene Kohle befindet.

Wenn die Zerlegung des Eisens durch Kupferchlorid vollständig erfolgt und wenn das regulinische Kupfer, welches sich bildet, durch Kupferchlorid in Chlorur umgewandelt ist, so setzt man Salzsäure hinzu, welche aber auch schon sogleich nach der Zersetzung des Eisens hinzugefügt werden kann. Dieser Theil des Prozesses wird zweckmäßig durch Digerirwärme unterstützt. Die Kohle wird auf einen sorgfältig gewogenen kleinen Filter gesammelt, mit Salzsäure und dann mit Wasser vollständig ausgesüßt, zuerst in der Luft und dann in einem (Platin-) Tiegel bei einer Temperatur von 140 bis 150° C. getrocknet, zu welchem Zweck der Tiegel im Sandbade über einer Lampe mit doppeltem Luftzuge erwärmt wird. Durch wiederholtes Wiegen muß man sich überzeugen, daß ein Gewichtsverlust in der genannten Temperatur nicht weiter statt findet. Das Gewicht des leeren von dem des getrockneten Filtrums abgezogen, giebt das Gewicht der Kohle und der Kieselerde u. s. f. Alsdann schreitet man zum Verbrennen des Filtrums im Platintiegel, welches, wenn die Kohle Graphit enthält, nicht leicht zu bewerkstelligen ist und eine starke Glühhitze von mehren Stunden erfordert. Der Rückstand wird wieder gewogen, von dem Gesammtgewicht (nach Abzug des Gewichtes der Asche des Filtrums) in Abzug gebracht und auf diese Weise das Gewicht der gebundenen und der ungebundenen Kohle bestimmt.

Als eine besondere Erscheinung bei der Zerlegung der flüssigen Auflösungen des Eisen- und des Kupfer-Chlorids durch das Eisen, muß noch bemerkt werden, daß sich, bei der An-

wendung einer erhöheten Temperatur, etwa von 40° C. an, eine äußerst heftige und oft von sehr starkem Aufschäumen begleitete Einwirkung des Eisens auf die Flüssigkeit zeigt. Die Entwickelung von Wasserstoffgas ist es aber nicht allein, welche dieses Aufschäumen hervorbringt, welches immer mit einer starken Erhitzung der Flüssigkeit verbunden ist. Das sich schnell bildende Eisenchlorur absorbirt nämlich mit großer Heftigkeit Sauerstoff aus der Atmosphäre, weshalb auch, wenn das Zersetzungsgefäß verkorkt wird, nur Stickgas zurück bleibt und die atmosphärische Luft beim Wiederöffnen des Gefäßes mit Heftigkeit eindringt.

§. 169.

Durch die eben betrachteten Verfahrungsmethoden wird der gesammte Kohlegehalt des Eisens annähernd (§. 168.) oder vollständig (§. 167.) ermittelt. Wenn es aber darauf ankommt, den Gehalt des Roheisens an Graphit, oder an ungebundener, mechanisch beigemengter Kohle, zu erfahren; so muß dies nothwendig durch einen besonderen Versuch geschehen. Die Eigenschaft des Graphit, in Säuren und in ätzenden Alkalien unauflöslich zu seyn, macht eine genaue Bestimmung des Graphitgehaltes des Roheisens zuläßig. Man löst das Roheisen in Königswasser auf, filtrirt, wäscht das Filtrum erst mit verdünnter Säure und dann mit Wasser vollständig aus, trocknet das Filtrum sorgfältig, nimmt dann den Inhalt desselben vorsichtig mit einem Spatel und zuletzt mit der Fahne einer Feder ab und kocht ihn in einem silbernen Schälchen mit Aetzkalilauge, welche nicht allein die Kieselerde, sondern auch die mit dem Eisen chemisch verbunden gewesene Kohle (so viel davon nicht als Gas fortgegangen oder von der sauren Auflösung aufgenommen worden ist) auflöst. Dann wird die Flüssigkeit stark mit Wasser verdünnt und auf ein gewogenes Filtrum gebracht. Man süßt vollständig mit Wasser, dann mit Salzsäure und dann wieder mit Wasser aus, trocknet das Filtrum zuerst an der Luft und

dann in einem tarirten Platintiegel bei 140—150° C. Durch Abzug des Gewichtes des Filtrums erhält man das Gewicht des Graphits, welcher beim Verbrennen nur Asche vom Filtro zurückläßt.

So mühsam diese Untersuchungen zur Bestimmung des Kohlegehaltes des Eisens auch seyn mögen, so reichen sie doch noch nicht hin, auf Genauigkeit Anspruch zu machen, weil die Veränderungen nicht bekannt sind, die mit der, chemisch mit dem Eisen verbundenen Kohle vorgehen. Man kann daher nicht einmal mit Zuverlässigkeit behaupten, daß die Methode, durch deren Anwendung die größte Quantität der chemisch gebundenen Kohle gefunden wird, auch die zuverlässigste ist. Noch mehr ist es aber zu bedauern, daß keine von allen Verfahrungsarten einen Aufschluß über den Verbindungszustand der Kohle mit Eisen zu geben vermag.

Eisen und Schwefel.

§. 170.

Mit dem Schwefel verbindet sich das Eisen sehr leicht und schnell. Der Schwefel befördert das Schmelzen des Eisens und es wird nur eine starke Rothglühhitze erfordert, um das Eisen durch Schwefel in Fluß zu bringen. Wenn man gleiche Theile Schwefel und Eisen in einem bedeckten Tiegel der Rothglühhitze aussetzt, so erhält man, wenn die Rothglühhitze stark genug war, und der Zutritt der Luft durch den Deckel gehörig abgehalten, die Hitze aber einige Zeit anhaltend fortgesetzt wird, eine ganz rein geflossene Verbindung von Eisen und Schwefel. Dies Schwefeleisen wird vom Magnet gezogen; hat aber, nach den verschiedenen Graden der Temperatur, welche bei der Bereitung angewendet wird, eine sehr verschiedene Zusammensetzung von Eisen und Schwefel.

§. 171.

Man kennt mehre bestimmte Verbindungsstufen des Eisens

mit Schwefel, von welchen aber nur zwei durch unmittelbares Zusammenschmelzen des Eisens mit Schwefel dargestellt werden können. Die übrigen bis jetzt bekannt gewordenen Verbindungen des Eisens mit Schwefel, denen ein bestimmtes Mischungsverhältniß zum Grunde liegt, und deren Zahl sich vielleicht durch spätere Untersuchungen noch vermehren wird, sind bis jetzt nur durch Reduction der schwefelsauren Eisensalze vermittelst der Kohle oder des Wasserstoffgases, oder durch Reduction des Eisenoxyds vermittelst des Schwefelwasserstoffgases, künstlich bereitet worden.

In der Natur kommen mehre Verbindungen des Eisens mit Schwefel vor, von denen einige ein bestimmtes Mischungsverhältniß ihrer Bestandtheile besitzen; andere aber so zusammengesetzt sind, daß sich dies bestimmte Mischungsverhältniß nur durch Berechnung nachweisen läßt, wobei man von der Voraussetzung ausgeht, daß diese Verbindungen Gemische von verschiedenen Arten von Schwefeleisen sind, die nicht auf gleicher Stufe der Sättigung des Eisens mit Schwefel stehen. Obgleich sich bei allen in der Natur vorkommenden Verbindungen des Eisens mit Schwefel, solche bestimmte Sättigungsstufen unbezweifelt nachweisen lassen, so wird dadurch doch die Wahrscheinlichkeit nicht ausgeschlossen, daß sich Eisen und Schwefel künstlich nicht auch in unbestimmten und von den Sättigungsstufen unabhängigen Verhältnissen mit einander verbinden lassen, wie dies bei der Verbindung mit manchen Metallen und von manchen oxydirten Körpern unbezweifelt der Fall ist. Das Eisen läßt sich durch Schmelzen mit Schwefel in allen möglichen Verhältnissen vereinigen, wobei es freilich, wenn das Verhältniß des Schwefels sehr geringe ist, bedeutend hoher Temperaturgrade bedarf. Solche Mischungen werden von Einigen als Verbindungen nach ganz unbestimmten Verhältnissen, von Andern aber als Verbindungen von Schwefeleisen nach bestimmten Ver-

hältnissen, welche in der übrigen Masse des mit Schwefel nicht verbundenen Eisens aufgelöst sind, betrachtet.

§. 172.

Diejenigen Verbindungen des Eisens mit Schwefel, bei denen zwar ein bestimmtes Mischungsverhältniß nachzuweisen ist, welche aber durch unmittelbares Zusammenschmelzen beider Körper nicht dargestellt werden können, sind folgende:

1) Die Verbindung von 4 Mischungs-Gewichten Eisen mit 1 M. G. Schwefel. Sie wird, nach Hrn. Arfvedson, erhalten, wenn man basisches schwefelsaures Eisenoxyd in einem Strom von Wasserstoffgas in einer Glasröhre glüht. Es werden Wasser und schwefligte Säure dabei gebildet und verflüchtigt, und ein schwarzgraues Pulver bleibt zurück, welches gegen harte Körper gerieben, ein metallisches Ansehen bekommt. Beim Auflösen in Säuren entwickelt es 7 Theile Wasserstoffgas und 1 Theil Schwefelwasserstoffgas. 100 Theile Eisen sind darin, nach Hrn. Berzelius, mit 7,412 Schwefel verbunden, oder es besteht aus 93,1 Eisen und 6,9 Schwefel; es ist magnetisch.

2) Die Verbindung von 1 M. G. Eisen mit 1 M. G. Schwefel. Hr. Arfvedson erhielt sie, als er wasserfreies schwefelsaures Eisenoxydul in einem Strom von Schwefelwasserstoffgas erhitzte, wobei sich ebenfalls schwefligte Säure und Wasser bildeten und das Schwefeleisen pulverförmig zurückblieb. 100 Theile Eisen sind darin mit 29,648 Schwefel verbunden, oder das Schwefeleisen besteht aus 77,13 Eisen und 22,97 Schwefel. Ist magnetisch.

In den gesinterten Massen aus dem Gestelle des Koakhohenofens zu Gleiwitz, habe ich eine krystallisirte Schwefelverbindung gefunden, welche aus Schwefelmangan und Schwefeleisen in solchen Verhältnissen zusammengesetzt ist, daß beide Metalle mit gleichen Mischungsgewichten Schwefel verbunden sind. Dies Schwefelmetall ward vom Magnet nur sehr wenig gezogen. Es

ist daher wohl möglich, daß diese Schwefelungsstufe auch einmal in der Natur angetroffen wird.

Die beiden Verbindungen 1 und 2 verwandeln sich, wenn Schwefelwasserstoffgas in glühendem Zustande über sie hinweggeleitet wird, durch Aufnahme eines neuen Antheils Schwefel, in Schwefeleisen, welches 1 M. G. Eisen und 2 M. G. Schwefel enthält (§. 173.).

6) Die Verbindung von 1 M. G. Eisen mit 3 M. G. Schwefel (welche dem Eisenoxyd oder dem schwefelsauren Oxydsalze entspricht) läßt sich, nach Hrn. Berzelius, darstellen, wenn wasserfreies reines Eisenoxyd in einen Strom von Schwefelwasserstoffgas, in einer Temperatur, welche die Siedhitze des Wassers nicht übersteigt, so lange erhitzt, als sich noch Wasserdämpfe erzeugen. Das gebildete Schwefeleisen hat dieselbe äußere Gestalt, welche das angewendete Stück Eisenoxyd besaß. Es bildet eine graue, etwas ins Gelbliche sich ziehende Masse, die unter dem Polirstahl glänzender wird, sich an der Luft nicht verändert, aber bei der Destillation, unter Entbindung von Schwefel in Schwefeleisen verwandelt wird, welches 1 M. G. Eisen und 1 M. G. Schwefel enthält. — 100 Eisen sind darin mit 88,965 Schwefel verbunden, oder es besteht aus 52,9 Eisen und 47,1 Schwefel. In Säuren löst es sich nur theilweise auf, indem ein Theil als Schwefeleisen im Maximo (§. 174.) zurück bleibt.

Arfvedson; im Archiv für Bergbau und Hüttenwesen. VII. 510. — Karsten; Ebendas. IX. 532. — Berzelius; Ebendas. XIV. 450.

§. 173.

Die Verbindung von 1 M. G. Eisen mit 2 M. G. Schwefel läßt sich, bei gehöriger Vorsicht, durch das unmittelbare Zusammenschmelzen beider Körper darstellen. Nach Hrn. Berthier werden sowohl die schwefelsauren Oxydulsalze als die schwefelsauren Oxydsalze, bei der Reduction durch Kohle in

der Glühhitze, in Schwefeleisen von dieser Verbindungsstufe umgeändert. Eine andere Art der künstlichen Darstellung ist schon vorhin (§. 172.) vorgekommen, und auch die nächst folgende Verbindung (§. 174.) ändert sich durch Glühen in verschlossenen Gefäßen in Schwefeleisen von 1 M. G. Eisen und 2 M. G. Schwefel um.

Soll dies Schwefeleisen durch unmittelbares Zusammenschmelzen bereitet werden, so muß man zerschnittenes Eisenblech in verschlossenen Thontiegeln mit Schwefel glühen. Es ist dazu eine starke Rothglühhitze erforderlich, in welcher aller Schwefel, welcher etwa in Ueberfluß vorhanden wäre, verflüchtigt wird. Setzt man in diesem Fall die Erhitzung nicht so lange fort, bis sich keine Schwefeldämpfe mehr entbinden, so wird das Schwefeleisen nicht rein, sondern mit dem folgenden, welches eine höhere Schwefelungsstufe hat, verunreinigt. Ist die Hitze aber zu stark, so daß das Schwefeleisen flüssig wird, so hat man in dem Fall, daß mehr Eisen vorhanden wäre, als Schwefel zur Bildung dieser Verbindung vorhanden ist, eine Verunreinigung derselben mit Schwefeleisen auf einer niedrigeren Schwefelungsstufe zu befürchten, indem das Schwefeleisen in der starken Hitze das im Uebermaaß vorhandene Eisen auflöst.

Dieses Schwefeleisen bildet eine gelbe, dem Magnet noch folgsame Masse. Es entspricht dem Eisenoxydul oder dem schwefelsauren Oxydulsalze. 100 Eisen nehmen darin 59,39 Schwefel auf, oder es besteht aus 62,77 Eisen 37,23 Schwefel. In Säuren löst es sich ohne Rückstand von Schwefel und unter Entwickelung von reinem Schwefelwasserstoffgas auf. — In der Natur ist diese Schwefelverbindung bis jetzt noch nicht rein angetroffen worden. Sie führt gewöhnlich den Namen Magnetkies, weil man lange Zeit der Meinung war, daß der natürliche Magnetkies eben so zusammengesetzt sey, welches indeß nur annäherungsweise der Fall ist. — Unter den Eisenkiesen in den Steinkohlengruben sollen Verbindungen vorkommen, welche

der Zusammensetzung des künstlichen Magnetkieses sehr nahe entsprechen, weshalb sie zur Verwitterung und zur Vitriolbildung sehr geneigt seyn sollen. Die Bedingungen zu dieser Verwitterung und Zersetzung sind der Zutritt von Wasser und Luft, oder auch nur von feuchter Luft. Diese Zersetzungen sind mit starker Hitzenentwickelung verbunden, welche häufig bis zu Entzündungen steigen.

Berthier; im Archiv f. B. u. H. VIII. 209.

§. 174.

Die Verbindung von 1 M. G. Eisen mit 4 M. G. Schwefel ist die höchste bekannte Schwefelungsstufe des Eisens. Sie kommt in der Natur unter dem Namen des Schwefelkieses vor. Künstlich bereitet man sie, wenn man künstlichen Magnetkies mit der Hälfte seines Gewichtes Schwefel zusammen reibt und den Schwefel, in einer Temperatur, welche die braunrothe Glühhitze noch nicht erreicht, abdestillirt. Es bleibt ein dunkelgelbes, metallisches und sehr voluminöses Pulver zurück, welches von keiner Säure, außer von Salpetersäure oder Königswasser angegriffen wird. Mit Salpetersäure behandelt, hinterläßt es Schwefel und ändert sich in schwefelsaures Eisenoxyd um. In verschlossenen Gefäßen geglühet, verflüchtigt sich ein Theil Schwefel und es entsteht wieder Magnetkies. Hat die Luft beim Glühen Zutritt, so wird es zuletzt gänzlich in rothes Eisenoxyd umgeändert. — Dieses Schwefeleisen besteht aus 45,74 Eisen und 54,26 Schwefel; oder 100 Th. Eisen sind darin mit 118,68 Schwefel verbunden.

Hr. Berzelius hat noch ein anderes Verfahren gezeigt, dieses Schwefeleisen im Maximo künstlich darzustellen. Es besteht darin, daß man Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat, sowohl künstliches als natürliches, in Pulvergestalt oder in Krystallen, und Spatheisenstein, gepulvert oder in Krystallen, bei einer Temperatur, welche die Wassersiedhitze übersteigt, aber die Glühhitze noch nicht erreicht, einem Strom von Schwefel-Wasserstoffgas

aussetzt. Sobald keine Gewichtszunahme mehr zu bemerken ist, hört die Einwirkung auf. Werden die Hydrate, Oxyde oder kohlensauren Oxydule in Gestalt von Krystallen angewendet, so behalten sie ihre äußere Gestalt so genau, daß die vorher glänzenden und matten Flächen auch wieder glänzend und matt werden, und diese Epigenie erstreckt sich sogar auf die Aehnlichkeit der Blätterdurchgänge bei den ursprünglichen Krystallen. — Stellt man den Prozeß ein, nachdem zwar schon alles Oxyd zerlegt ist, aber ehe die Entbindung von reinem Wasserstoffgas aufgehört hat, so erhält man ein Gemenge von Schwefeleisen im Maximo mit einigen von den niedrigeren Schwefelungsstufen, welches sich an freier Luft, schon nach Verlauf von 12 Stunden, mit Eisenvitriol überzieht, und nach 3 oder 4 Tagen zu einer Masse von zehnmal größerem Volumen aufschwellt, in welcher ein haarförmiges Salz und unzersetztes Schwefeleisen im Maximo angetroffen werden.

Berzelius; im Archiv f. B. u. H. XIV. 450.

§. 175.

Das Schwefeleisen im Maximo (§. 174.) kommt, unter dem Namen des Schwefelkieses, sehr häufig in der Natur, theils rein, theils in Verbindung mit anderen Schwefelmetallen vor. Der reine Schwefelkies, dessen Krystallgestalt zum sphäroedrischen System gehört, besitzt eine gelbe Farbe mit metallischem Glanz und eine solche Härte, daß er mit dem Stahl Feuer giebt. Der Kammkies, welcher sich durch sein leichtes Verwittern an der Luft, oder durch seine Neigung zur Vitriolbildung, von dem gewöhnlichen Schwefelkies so auffallend unterscheidet, ist doch, wie Hr. Berzelius gezeigt hat, von dem Schwefelkies in der Zusammensetzung nicht verschieden. Der von Hrn. Berzelius untersuchte Kammkies enthielt 45,07 Eisen, 0,70 Mangan, 53,35 Schwefel und 0,80 Kieselerde. Was den Kammkies zur Verwitterung so geneigt macht, ist daher noch problematisch.

Berzelius; im Archiv f. B. u. H. III. 239.

§. 176.

Das Schwefeleisen, welches in der Natur unter dem Namen des Magnetkieses vorkommt, ist auf sehr mannigfaltige Weise zusammengesetzt. Alle diese Zusammensetzungen lassen sich als Verbindungen von zwei Schwefelungsstufen, nämlich von dem künstlichen Magnetkies (§. 173.) mit dem Schwefeleisen im Maximo (§. 174.) berechnen. Hr. Stromeyer hat in dem Magnetkies von der Treseburg 59,85 Eisen und 40,15 Schwefel gefunden, so daß dieser Magnetkies, nach der Berechnung, aus einem Antheil Schwefeleisen im Maximo mit einem Antheil künstlichem Magnetkies dergestalt zusammengesetzt ist, daß der Schwefelgehalt des ersteren den dritten Theil von dem des letzteren beträgt ($Fe\,S^4 + 6\,Fe\,S^2$); andere natürliche Magnetkiese (von Barèges, welcher 56,375 Eisen und 43,625 Schwefel enthält) entsprechen einem Verhältniß, bei welchem die beiden Schwefelungs-Stufen gleiche Quantitäten Schwefel enthalten ($Fe\,S^4 + 2\,Fe\,S^2$). — Hr. H. Rose fand den schönen blättrigen Magnetkies von Bodenmais zusammengesetzt aus: 60,52 Eisen, 38,78 Schwefel und 0,82 Kieselerde. Diese Zusammensetzung entspricht ziemlich genau der reinen Verbindung von $Fe\,S^2$, obgleich der Schwefelgehalt etwas zu groß ist, weshalb beim Auflösen dieses Magnetkieses in Säuren auch etwas Schwefel in Substanz zurückbleibt. Gr. Schaffgotsch fand im Magnetkies von Bodenmais 60,59 Eisen und 39,41 Schwefel oder 100 Eisen nahe mit 65,04 Schwefel.

In vielen Fällen läßt es sich auf den polirten Flächen des Magnetkieses, schon mit unbewaffnetem Auge, sehr deutlich bemerken, daß man nicht mit einer homogenen Verbindung, sondern mit einem Gemenge zu thun hat; in anderen Fällen ist freilich nicht zu läugnen, daß die Art, wie die Zusammensetzung der Kiese berechnet wird, wirklich etwas Willkührliches haben kann. So fand Hr. H. Rose z. B. den Kupferkies von Ramberg im Saynischen zusammengesetzt, aus: 34,40 Kupfer, 30,57 Eisen,

35,87 Schwefel und 0,27 Kieselerde. Diese Zusammensetzung entspricht sowohl der Formel $Fe S^2 + Cu S^2$, als der Formel $Fe S^3 + Cu S$. Hr. Rose giebt der letzten Formel den Vorzug. Dann darf freilich dieser Kupferkies nicht magnetisch seyn, aber er muß bei der Destillation in der Glühhitze einen Theil seines Schwefelgehaltes abgeben, welcher nach der ersten Formel vom Schwefelkupfer und nach der letzten vom Schwefeleisen entlassen wird.

Hr. Berthollet war vorzüglich der Meinung, daß Eisen und Schwefel, auch in den natürlichen Kiesen, in unendlichen und unbestimmten Verhältnissen mit einander verbunden seyn könnten. Diese Ansicht hat indeß für die in der Natur vorkommenden Verbindungen des Eisens mit Schwefel eine Bestätigung nicht gefunden.

Proust, über d. metallischen Schwefelverbindungen; in Gehlen's N. Journ. f. Chemie, IV. 383—391. — Hatchett, Analyse des Magnetkieses, und über das quantitative Verhältniß des Schwefels mit dem Eisen. Ebendas. VI. 320—355. — Berthollet, über das quantitative Verhältniß d. Schwefels zum Eisen, in Gehlen's Journ. f. Chemie u. Physik, I. 109. u. f. — Bucholz und Gehlen, über das Schwefeleisen; Ebendas. IV. 291. V. 621 u. f. — Gueniveau und Proust, über über die Entschwefelung d. Metalle, Ebendas. V. 616 u. f. — Berzelius, über d. einfachen Verhältnisse u. s. f. in Gilbert's Ann. der Physik. XXXVII. oder neue Folge VII. 298 u. f. — Rinman a. a. O. II. 502. — Stromeyer, über das Verhältniß der Bestandtheile des Magnetkieses; in Gilbert's N. Ann. d. Phys. XVII. 90. u. f. — Desselben Analyse zweier Magnetkiese, und Untersuchungen über d. künstl. Magnetkies; Ebend. XVIII. 183—192. — Berzelius, Bemerkungen über Hrn. Stromeyer's Angaben; Ebendas. 209 u. f. — H. Rose, über das Mischungsverhältniß des Kupferkieses und des Magnetkieses; Archiv f. B. u. H. VII. 227. — Untersuchung eines Magnetkieses von der Fahlu Grube; Archiv u. f. f. B. XII. 453. — Gr. Schaffgotsch, in Poggendorff's Annalen. B. 50. S. 534.

§. 177.

Das Schwefeleisen läßt sich durch Erhitzen mit Wasserstoffgas nicht in regulinisches Eisen umändern, und es ist sogar nicht einmal möglich, den Schwefelkies auf diese Weise in Magnetkies (§. 173.) zu verwandeln, indem es nach Hrn. H. Rose nur in $Fe S^4 + 6 Fe S^2$ (§. 176.) umgeändert wird. — Hr. Regnault giebt an, daß Wasserdämpfe, über glühendes Schwefeleisen fortgeleitet, dasselbe langsam zersetzen, daß sich dabei ein dem Magnet folgsames Eisenoxyd bildet und daß ein Gemenge von Wasserstoff- und Schwefel-Wasserstoffgas entbunden wird. Das Wasserstoffgas soll durch die Einwirkung des zu Anfange des Prozesses sich bildenden Eisenoxyduls entstehen. — Die Eigenschaft des Schwefeleisens im Maximo, oder des natürlichen Schwefelkieses, einen Theil seines Schwefelgehaltes in der Glühhitze abzutreten, macht die Schwefelfabrikation aus Schwefelkiesen im Großen möglich. Die Art der Gewinnung des Schwefels aus den Kiesen in den Schwefelbrenn- oder Schwefeltreiböfen, und die Läuterung des gewonnenen Rohschwefels in den Läuteröfen, ist der Gegenstand der Schwefelhüttenkunde. — Hr. Stromeyer hat gefunden, daß der Schwefelkies bei der trockenen Destillation, in einer Temperatur, welche die volle Rothglühhitze erreicht, noch nicht in reinen Magnetkies (§. 173.), in welchem 100 Eisen mit 59,39 Schwefel verbunden sind, umgeändert werden kann, sondern daß dazu ein höherer Hitzgrad erforderlich ist. Beim Rothglühen bildet sich ein Magnetkies, welcher eben so zusammengesetzt ist, wie einige natürliche Magnetkiese, indem es aus 60 Eisen und 40 Schwefel besteht, so daß bei 100 Theilen Eisen noch 67 Theile Schwefel zurück bleiben. — Dies ist eine Verbindung des Eisens mit Schwefel, welche mit der Verbindung des Eisens mit Sauerstoff, so wie sie im Glühspan statt findet (§. 139.), übereinstimmen würde.

Eben diese Verbindung ist es auch, welche beim Erhitzen des Schwefelkieses mit Wasserstoffgas zurück bleibt.

Schlüter, Gründl. Unterricht von Hüttenwerken, 202 u. f. — Lampadius, Handbuch der allgemeinen Hüttenkunde, II. B. 3. S. 252 u. f. — Rose, im Archiv f. Bergb. XI. 427. — Regnault, in den Ann. des mines, 3me Livrais. XI. 45.

§. 178.

Schon durch das bloße Vermengen des gepulverten Schwefels mit fein zertheiltem Eisen, und durch das wiederholte Befeuchten des Gemenges mit Wasser, entsteht zuletzt eine Erhitzung und eine Zersetzung dieser drei Substanzen, wobei sich ein Gemenge von Schwefeleisen und Eisenvitriol bildet. Die näheren Umstände sind noch nicht genau bekannt. Bei großen Quantitäten von Eisenfeile und Schwefel ist die Erhitzung so stark, daß sich das Gemenge entzündet. — Das Eisen entzieht den meisten Metallen den Schwefel, und auf der größeren Verwandtschaft des Eisens als des Bleies, Silbers, Quecksilbers u. s. f. zum Schwefel, ist die Anwendung des metallischen Eisens beim Zugutemachen der Bleiglanze, der geschwefelten Silbererze, des Zinnobers u. s. f. begründet.

§. 179.

Bei den vorhin betrachteten Verhältnissen des Schwefels zum Eisen, selbst bei denen, welche bei der niedrigsten bekannten Schwefelungsstufe statt finden, hat das Eisen ganz andere Eigenschaften als im Zustande des Stabeisens, des Stahls oder des Roheisens erhalten. Es ist nämlich zu einer ungleich leichtflüssigeren, äußerst spröden Masse geworden, welche einen sehr geringen Grad von Festigkeit besitzt. Daraus leuchtet es ein, daß der Schwefelgehalt der Erze bei der Eisenfabrikation sehr nachtheilig seyn muß, und daß Erze, welche einen großen Schwefelkiesgehalt haben, nicht ohne Besorgniß ein schlechtes Produkt zu erhalten, verschmolzen werden können. Die Wirkung des Schwefeleisens auf das Eisen ist nach allen Erfahrungen so groß,

daß selbst ein durch die Analyse kaum aufzufindender Gehalt von Schwefel im Eisen das Eisen **rothbrüchig** macht. Obgleich wahrscheinlich noch andere Körper den **Rothbruch** des Eisens bewirken, so besteht doch die Wirkung des Schwefels auf das Eisen darin, daß es schon durch sehr geringe Quantitäten Schwefel rothbrüchig wird. Der Grad des Rothbruchs ist von der Quantität des Schwefels abhängig, welche mit dem Eisen verbunden ist. Ein geringer Grad von Rothbruch ist nicht sehr zu fürchten, weil das rothbrüchige Eisen in der Regel ein festes Eisen zu seyn pflegt; die höheren Grade des Rothbruchs machen das Eisen aber zu jeder Verarbeitung untauglich und unbrauchbar. Welches das Minimum des Schwefelgehalts seyn kann, bei welchem dem Eisen die nachtheiligen Eigenschaften des Rothbruchs noch nicht in einem bemerkbaren Grade mitgetheilt werden; darüber hat man bisher keine bestimmte Antwort geben können, weil der Schwefelgehalt des rothbrüchigen Stabeisens so geringe ist, daß er sich bei analytischen Untersuchungen nicht leicht bestimmen ließ.

§. 180.

Um zu erfahren, bei welchem Schwefelgehalt das Stabeisen zur Verarbeitung unter dem Hammer ganz untauglich wird, habe ich in Oberschlesien, in Ermangelung von kiesigen Erzen, der Erzgattirung etwas Gips zusetzen und das erhaltene Roheisen verfrischen lassen. Das Stabeisen war in einem so ausgezeichneten Grade rothbrüchig, daß es zwar in der Weißglühhitze noch etwas unter dem Hammer zusammenhielt, aber bei eintretendem Rothglühen so viele und tief in die Eisenmasse eindringenden Kantenbrüche bekam, daß es nicht möglich war, es völlig auszuschmieden. Die Schweißbarkeit dieses Stabeisens schien gänzlich verloren zu seyn. Die Analyse ergab nur einen Schwefelgehalt in diesem überaus rothbrüchigen Eisen von 0,03375 Procent, oder es fanden sich in 100,000 Theilen Eisen noch nicht völlig 34 Theile Schwefel. Es ergiebt sich daraus, wie

geringe der Schwefelgehalt des Stabeisens nur seyn darf, um es ganz unbrauchbar zu machen.

In einem anderen, übrigens festen und guten Stabeisen, welches aber wegen seiner verminderten Schweißbarkeit und wegen der Neigung zu Kantenbrüchen, für rothbrüchiges Eisen gehalten werden mußte, konnten durch die Analyse nur 0,01 Procent Schwefel, oder in 10,000 Theilen Eisen nur 1 Theil Schwefel gefunden werden.

Mit diesen Angaben stimmen die Resultate nicht überein, welche Hr. Stengel bei der Analyse verschiedener Eisen- und Stahlarten gefunden hat. Seine Versuche haben ihn belehrt, daß der Schwefelgehalt im Stabeisen und Stahl bis 0,03 Procent steigen kann, ohne daß das Eisen im merkbaren Grade rothbrüchig wird. Eine entschiedene Unbrauchbarkeit wegen der rothbrüchigen Eigenschaft, soll das Stabeisen sogar erst bei einem Schwefelgehalt von 0,1 Procent erhalten. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Verschiedenheit in den Angaben, in der Gewichtsbestimmung des Schwefelbleies ihren Grund hat. Wiederholte, und mit großer Sorgfalt ausgeführte Untersuchungen, haben mir das Resultat gegeben, daß die gewöhnlichen Stabeisenarten, von nur mittelmäßiger Güte, wie sie im Handel vorkommen, niemals über 0,008 Procent Schwefel enthalten. Bis auf weitere Entscheidung glaube ich den Gehalt von 0,01 Prozent als die Gränze ansehen zu können, bis zu welcher der Schwefel mit dem Eisen verbunden seyn kann, ohne dasselbe durch die rothbrüchige Beschaffenheit unbrauchbar zu machen, wenn gleich ein solches Eisen in niedrigen Temperaturen noch eine große Festigkeit zeigen wird.

Stengel; im Archiv für Geognosie, Mineralogie, Bergbau und Hüttenkunde. X. 744.

§. 181.

Die Verbindung des Eisens mit Schwefel ist für den Metallurgen immer eine unerfreuliche Erscheinung, weil sehr geringe

Quantitäten schon einen großen Einfluß auf das Verhalten des Eisens in den höheren Temperaturen äußern. Glücklicherweise wird aber der größte Theil des Schwefels, beim Verschmelzen der Eisenerze in den Hohöfen, in die Schlacke geführt, indem das Schwefeleisen durch Kalk leicht zersetzt wird. Eisenerze, die große Beimengungen von Schwefeleisen enthalten, würden freilich ein für den Verfrischungsprozeß nur wenig brauchbares Roheisen liefern. Durch das Umschmelzen des Roheisens in Kupolöfen oder in offenen Heerden, wird der Schwefelgehalt desselben nicht vermindert; wendet man nicht Holzkohlen, sondern Koaks zum Umschmelzen an, so wird das umgeschmolzene Roheisen mehrentheils sogar einen größeren Schwefelgehalt erhalten, als es vor dem Einschmelzen besaß. Bei der Bereitung des Frischeisens in Heerden, oder bei der Umänderung des grauen in weißes Roheisen, durch Umschmelzen bei Koaks in offenen Heerden, bei heftigem Winde, wird der Schwefelgehalt im Frischeisen in der Regel größer gefunden werden, als in dem zur Umschmelzung angewendeten grauen Roheisen.

Es ist sehr unwahrscheinlich, daß das Eisen mit einem so geringen Schwefelgehalt, eine bestimmte Verbindung von Eisen mit Schwefel enthält, welche in der übrigen Masse des Eisens vertheilt wäre. Ungleich mehr Wahrscheinlichkeit hat die Annahme, daß sich der ganze Schwefelgehalt mit der ganzen Masse des Eisens in Verbindung befindet. Wäre eine bestimmte Verbindung von Schwefel und Eisen wirklich vorhanden, so würde sie bei der Zersetzung des Hornsilbers durch das schwefelhaltige Eisen zurückbleiben; aber es entwickelt sich vom Anfange bis zu Ende des Zersetzungsprozesses Schwefelwasserstoffgas und es wird in dem Rückstande keine Spur von Schwefel oder von Schwefeleisen angetroffen.

§. 182.

Man will die Beobachtung gemacht haben, daß Eisen, welches der Steinkohlenflamme lange ausgesetzt wird, Schwefel

aufnimmt und dadurch brüchig und leichter schmelzbar werden soll. Dies kann freilich nur bei der Anwendung von Steinkohlen der Fall seyn, die mit einer großen Quantität Schwefelkies verunreinigt sind. Die eisernen Dampfmaschinenkessel sollen durch Aufnahme von Schwefel aus den Steinkohlen geneigt werden, sich in der Hitze zu erweichen und es soll dadurch (Mechanics Magaz. Novbr. 1838. p. 144.) zum Zerspringen der eisernen Kessel bei den Dampfmaschinen Veranlassung gegeben werden.

§. 183.

Der geringe Schwefelgehalt, den das Eisen immer nur besitzt, läßt sich auf die gewöhnliche Weise, nämlich durch die Umänderung des Schwefels in Schwefelsäure mittelst Königswasser, und durch die Behandlung der sauren Flüssigkeit mit Barytsalzen, mit Zuverlässigkeit nicht bestimmen. Ein weit zuverlässigeres Mittel ist das Verbrennen des fein zertheilten und mit Salpeter gemengten Eisens in Retorten von Porcellan. Die verbrannte Masse wird mit Wasser aufgeweicht, die wäßrige Auflösung mit Salzsäure vollständig gesättigt, das Gewicht der Schwefelsäure durch einen Zusatz von salzsaurer Baryterde bestimmt und der Schwefelgehalt aus der Quantität des schwefelsauren Baryts berechnet. Das Aufsammeln der sehr geringen Quantität der Niederschläge ist indeß mühsam, auch ist bei dem Verpuffen leicht ein Verlust zu befürchten, weshalb es vorzuziehen ist, den ganzen Schwefelgehalt als Schwefelwasserstoff, durch Auflösen des Eisens in Salzsäure, zu entwickeln, das Gas durch eine mit salpetersaurem oder essigsaurem Bleioxyd angefüllten Apparat zu leiten und aus dem erhaltenen Schwefelblei die Quantität des Schwefels zu berechnen. Man bedient sich des gewöhnlichen Woulfischen Apparates, wählt aber zum Auflösen des Eisens ein Glasgefäß, welches im Sandbade erhitzt werden kann und welches mit einem Welterschen Trichter zum Nachfüllen der Säure verbunden ist. Die Vorlagen sind mit

einer ziemlich verdünnten, wässrigen Auflösung von Bleizucker, welcher etwas reine Essigsäure zugefügt wird, oder mit einer verdünnten wässrigen Auflösung von Bleisalpeter zu füllen. Es bedarf dann nur einer einzigen Vorlage, weil alles Schwefelwasserstoffgas ganz vollständig durch die Bleisalzauflösung zerlegt wird; der Vorsicht wegen kann eine zweite Vorlage mit Bleisalzauflösung hinzugefügt werden. Die Anwendung von Silbersalzen, statt der Bleisalze, ist durchaus zu vermeiden, denn die Bleisalze werden nur durch Schwefelwasserstoffgas allein, die Silbersalze aber theilweise auch durch Phosphor-Wasserstoffgas und durch gewisse, noch unbekannte Verbindungen des Wasserstoffs mit Kohlenstoff, welche sich bei der Auflösung des Roheisens in Salz- und Schwefelsäure entwickeln, zerlegt. Zur Auflösung des Eisens kann man Schwefelsäure, oder auch Salzsäure, von mittlerer Stärke, anwenden. Das abgewogene Eisen wird in das Auflösungsgefäß gebracht und dann durch den Trichter die Säure hineingetragen. Erfolgt die Gasentwickelung demnächst sparsamer, so wird Säure durch den Trichter nachgefüllt und die Digerirwärme mittelst eines Sandbades erst angewendet, wenn in der gewöhnlichen Temperatur die Auflösung, ungeachtet der frisch hinzugefügten Säure, nicht mehr vorschreiten will.

Wendet man nicht Schwefelsäure, sondern Salzsäure zur Auflösung an, so muß diese auf den Gehalt an schwefligter Säure sorgfältig geprüft werden. Salzsäure, die mit schwefligter Säure verunreinigt ist, kann nicht angewendet werden, weil das Eisen die schwefligte Säure unter Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas zerlegt, wodurch also der Schwefelgehalt des Eisens unrichtig und viel zu hoch, gefunden werden würde. Ein zuverlässiges Reagens auf schwefligte Säure ist Zinnchlorür, indem eine wässrige Auflösung von Zinnchlorür eine augenblickliche Trübung in der mit schwefligter Säure verunreinigten Salzsäure hervorbringt. Aber auch durch Auflösen von einigen Körnern Zink giebt sich diese Verunreinigung leicht durch den Geruch

nach Schwefelwasserstoff zu erkennen, der bei der reinen Salzsäure nicht eintritt.

Nach beendigter Auflösung wird der Inhalt der Vorlage in ein Becherglas geschüttet. Die Vorlage muß nicht allein ausgespült, sondern es müssen sich auch die bräunlichen Häutchen von Schwefelblei, welche sich sowohl an den Wänden der Vorlage als an der gläsernen Entbindungsröhre festsetzen, mit einer Spritzflasche abgespült und mit der Fahne einer Feder abgestreift werden. Hat sich das Schwefelblei am Boden des Becherglases gesammelt, so wird es auf einem gewogenen Filtrum von der Flüssigkeit getrennt, dann mit Essigsäure und endlich mit Wasser vollständig ausgewaschen. Man trocknet das Filtrum mit dem Inhalt, bei einer Temperatur von 120 bis 130° C. Durch die Gewichtszunahme wird die Menge des Schwefelbleies ermittelt, und daraus der Schwefelgehalt berechnet, indem 100 Schwefelblei 13,45 Schwefel enthalten. Das Schwefelblei ist durchaus rein und nicht mit anderen Bleivermengungen verunreinigt.

Eisen und Phosphor.

§. 184.

Die Eigenschaft des Phosphors, schon in sehr niedrigen Graden der Temperatur zu verbrennen, macht die unmittelbare Verbindung desselben mit dem höchst strengflüssigen Eisen sehr schwierig. Am leichtesten gelingt die Verbindung durch die Reduction des phosphorsauren Eisens mit Kohle, welche schon in der braunrothen Glühhitze statt findet. Ein stärkerer Hitzgrad ist erforderlich, wenn statt des phosphorsauren Eisens ein Gemenge von Eisenfeile mit Phosphorsäure und Kohle angewendet wird. Bei dem letzten Verfahren hat man keine Verunreinigung mit Kohleneisen zu befürchten, welche bei der Reduction des phosphorsauren Eisensalzes sehr leicht statt findet, wenn man von dem Salze nicht mehr anwendet, als durch die zuge-

setzte Kohle reducirt werden kann. Die Darstellung des Phosphoreisens durch Reduction der Eisenoxyde durch Phosphor, wobei der Zutritt aller Kohle gänzlich ausgeschlossen wird, ist deshalb unmöglich, weil die Eisenoxyde zu ihrer Reduction einen Grad von Glühhitze erfordern, worin sich der Phosphor größtentheils schon in Substanz zu verflüchtigen scheint. Wird aber auch der Phosphor in so großer Quantität zugesetzt, daß die Reduction wirklich erfolgt, so bildet sich Phosphorsäure, welche mit dem reducirten Eisen zu phosphorsaurem Eisen in Verbindung tritt, und zur Entstehung einer schlackigen Masse Anlaß giebt. — Hr. Pelletier will zwar auch dadurch Phosphoreisen erhalten haben, daß er regulinisches Eisen mit verglaßter Phosphorsäure, oder mit phosphorsauren Salzen zusammenschmolz, indem ein Theil des Eisens die Reduction der Phosphorsäure bewirkte und sich verschlackte, der andere Theil aber mit dem reducirten Phosphor zu Phosphoreisen zusammentrat. Diese Angabe ist aber ganz unrichtig, indem eine Reduction der Phosphorsäure durch Eisen, ohne Zutritt von Kohle, nicht statt findet, und daher das von Hrn. Pelletier angewendete Eisen viel Kohle enthalten haben muß.

§. 185.

Auch dadurch, daß man Eisenfeile in einem Tiegel stark roth glühet, und nach und nach Phosphor in Substanz aufträgt, aber jedesmal den Tiegel sorgfältig wieder bedeckt, läßt sich das Phosphoreisen rein darstellen. — Dies Phosphoreisen bildet eine sehr spröde, graulichweiße und leichtflüssige Masse, welche in verschlossenen Gefäßen unverändert bleibt, und auch in der stärksten Hitze den Phosphorgehalt nicht hergiebt. Unter der Muffel beim Zutritt der Luft geglüht, soll der Phosphor, nach Pelletier's Erfahrung, abbrennen (?) und es soll größtentheils reines Eisenoxyd zurückbleiben, welches indeß ohne Zweifel phosphorsaures Eisen gewesen seyn wird. — Das Phosphoreisen ist nicht magnetisch und wird auch von den Säuren nicht

angegriffen. Nur das Königswasser und die Salpetersäure zersetzen es in der Siedhitze.

Extrait d'un second mémoire sur le phosphore, dans lequel il est traité de sa combinaison indirecte avec les substances metalliques, par Mr. Pelletier in de la Metherie's Observ. sur la Phys. XXXIV. 193 u. f.

§. 186.

Man kennt bis jetzt nur eine einzige Verbindung des Phosphors mit dem Eisen nach einem bestimmten und festen Mischungsverhältniß. Das Phosphoreisen nämlich, welches so, wie §§. 184. 185. angegeben worden, bereitet ist, besteht aus 2 M. G. Eisen und 1 M. G. Phosphor. Dies Phosphoreisen besteht aus 77,14 Eisen und aus 22,86 Phosphor. Höhere Verbindungsstufen des Phosphors mit dem Eisen scheinen nicht darstellbar zu seyn, und eben so wenig kennt man bis jetzt niedrigere Verbindungsstufen, bei welchen ein bestimmtes Mischungs-Verhältniß gefunden würde. Dagegen scheint sich aber der Phosphor, in geringeren Verhältnissen wie dasjenige ist, welches bei dem eigentlichen Phosphoreisen zum Grunde liegt, auf eine ganz unbestimmte Weise mit dem Eisen verbinden zu können.

Das Phosphoreisen kommt in der Natur nicht vor, wenigstens ist es bis jetzt noch nicht gefunden worden.

Die künstlichen Verbindungen des Phosphors mit dem Eisen entstehen, zum Nachtheil für den Eisenhüttenmann, durch das Verschmelzen der Phosphorsäure haltenden Eisenerze. Die Asche der Kohlen, welche als Brennmaterial dienen, und sehr viele Erze, enthalten Beimengungen von phosphorsauren Eisensalzen, welche beim Verschmelzen zu Phosphoreisen reducirt werden und sich dann mit dem übrigen Eisen verbinden. Daher wird der Phosphor in allem Eisen und zwar in höchst verschiedenen Verhältnissen angetroffen.

§. 187.

Das phosphoreisenhaltige Eisen läßt sich gut schweißen, nimmt auch schneller die Schweißhitze an als jedes andere Eisen, verhält sich in allen Hitzgraden wie gutes, aber sehr weiches Eisen, und verbreitet glühend weder einen Dampf, noch einen Geruch, allein nach dem Erkalten zeigt es wenig Festigkeit und ist kaltbrüchig. Der Kaltbruch des Eisens ist desto größer, je mehr Phosphor mit dem Eisen verbunden ist. — Mehre andere Körper können zwar ebenfalls den Kaltbruch des Eisens bewirken, allein der Phosphor ist unbezweifelt am häufigsten und gewöhnlichsten die Ursache desselben. Wie groß die Menge des Phosphors im Eisen seyn kann, ohne daß sich die kaltbrüchige Eigenschaft des Eisens in einem merklichen Grade äußert, habe ich durch Untersuchungen von kaltbrüchigem Stabeisen auszumitteln gesucht.

§. 188.

Wenn so geringe Quantitäten Phosphor das Stabeisen in demselben Grade kaltbrüchig machten, als es durch den Schwefel rothbrüchig wird, so würden sich wenige Länder der Erzeugung eines festen und haltbaren Eisens erfreuen können. Ich habe Stabeisen von allen Graden des Kaltbruchs, erzeugt aus Roheisen, welches aus Wiesenerzen erblasen worden ist, untersucht, und dadurch die Ueberzeugung erhalten, daß ein Phosphorgehalt von 0,3 Procent noch keine Verminderung der Festigkeit des Stabeisens hervorbringt. Das Eisen konnte mit Recht als das beste und festeste Stabeisen betrachtet werden; auch war es nicht aus Wiesenerzroheisen gefrischt worden. Selbst bei einem Phosphorgehalt von 0,5 Procent hält das Stabeisen noch eine Schlagprobe aus. Erst bei einem Phosphorgehalt von 0,6 Procent verträgt das Stabeisen die Schlagproben nicht mehr, hält aber die Proben des Biegens unter einem rechten Winkel und des Werfens über dem Amboß noch ziemlich aus. Der Phosphorgehalt im Eisen kann bis 0,66 Procent steigen,

ohne sich durch diese Proben als ein eigentliches kaltbrüchiges Stabeisen zu zeigen. Erst bei einem Gehalt von 0,75 Procent Phosphor wird die Abnahme der Festigkeit sehr merklich, indem es die Probe des Biegens und Werfens nicht völlig mehr aushält. Bei einem Phosphorgehalt von 0,8 Procent entsteht schon viel Bruch bei den Proben, so daß das Eisen als ein wirklich kaltbrüchiges angesehen werden muß, und bei einem Gehalt von 1 Procent Phosphor wollen die Stäbe das Biegen unter einem rechten Winkel nicht mehr aushalten. Dies Stabeisen, so wie alles Eisen, bei welchem sich der Phosphorgehalt über 1 Procent erhebt, ist außerordentlich brüchig und kann nur noch zu sehr wenigen Zwecken für anwendbar gehalten werden.

Geringe Beimengungen von Phosphor sind in jedem Stabeisen anzutreffen, und es ist mir noch keines vorgekommen, welches davon ganz frei gewesen wäre. So lange diese Beimischungen noch unter 0,5 Procent bleiben, ist für die Beschaffenheit des Eisens wenig zu fürchten. Aus Eisenerzen, welche einer Beimengung von phosphorsauren Eisensalzen nicht verdächtig sind, pflegt indeß so wenig Phosphor an das Roheisen zu treten, und aus diesem in das Stabeisen überzugehen, daß dasselbe selten mehr als 0,05 Procent Phosphor enthält. So geringe, und selbst bis zu 0,3 Procent betragende Quantitäten Phosphor, scheinen das Eisen nur härter zu machen, ohne seine Festigkeit in einem bemerkbaren Grade zu vermindern.

§. 189.

Meyer und Bergman haben die Ursache des Kaltbruchs des Eisens — in so fern er vom Phosphor herrührt — zuerst aufgefunden. Sie übergossen die Eisenerze, aus denen man kaltbrüchiges Eisen erhält, oder auch das kaltbrüchige Eisen selbst, mit eben so viel concentrirter Schwefelsäure, dem Gewicht nach, dickten die Mischung ein, laugten die eingedickte Masse mit sehr vielem Wasser aus, und ließen die schnell durchgeseihete

klare Auflösung ruhig an freier Luft erkalten. Dadurch sonderte sich ein Pulver ab, welches sich als weißer Niederschlag zeigte, und welches durch Abgießen der darüber stehenden Auflösung, so wie durch gehöriges Aussüßen, rein und von allem Eisenocker frei erhalten werden konnte. Dies Pulver, welches auch nach dem Trocknen noch seine weiße Farbe behält, oder sich auch wohl blau färbt, ist feuerbeständig, löst sich in allen Säuren auf, wird durch Alkalien zersetzt (indem sich ein Theil Eisenoxyd abscheidet), schmelzt leichter als Roheisen, und giebt durch die Reduction mit Kohle einen Metallkönig, den die Entdecker zuerst für eine besondere metallische Substanz hielten, welche sie Wassereisen (Hyderosiderum) nannten, und ihr die Ursache des Kaltbruchs des Eisens zuschrieben, weil das geschmeidige Eisen durch das Zusammenschmelzen mit dieser Substanz kaltbrüchig wird. Meyer selbst, und zu gleicher Zeit Herr Klaproth, entdeckten nachher durch synthetische Versuche, daß das Wassereisen kein besonderes Metall, sondern daß das weiße Pulver phosphorsaures Eisen sey, welches durch die Reduction mit Kohle Phosphoreisen giebt, — eine Entdeckung, die Scheele auf dem analytischen Wege bestätigte, indem er das weiße Pulver durch Alkalien zersetzte und die Phosphorsäure mit dem Alkali verband. Nach Bergman variirt die Menge des weißen Niederschlags im kaltbrüchigen Eisen zwischen 0,1 und 0,16 Procent; weil dieser Niederschlag aber phosphorsaures Eisen ist, so beträgt die Quantität Phosphor darin noch nicht 0,05 Procent, indem in dem Eisen nicht Phosphorsäure (die erst durch den Prozeß gebildet war) sondern Phosphor enthalten ist. Diese Bestimmung ist indeß sehr unzuverlässig, weil sich nur ein Theil des Phosphorgehaltes des Eisens auf solche Weise abscheiden läßt. Hr. Vauquelin hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß sich nur der geringste Theil des Phosphors bei der Behandlung des kaltbrüchigen Eisens mit Schwefelsäure in Phosphorsäure verwandelt, und daß der größte Theil des Phosphors

als Phosphoreisen unzerlegt in den Rückständen der Auflösung aufgesucht werden muß.

Bergman de causa fragilitatis ferri frigidi; in seinen Opusc. phys. chem. III. 109. und de analysi ferri; Ebendas. 98. — Meyer; in den Schriften der Berl. Gesellsch. naturf. Freunde. II. 334. III. 380. — Dessen Berichtigung in v. Crell's chem. Annalen f. 1784. I. 195. und 1786. II. 300. Klaproth; vom Wassereisen. Ebendas. 390. — Scheele; Zerlegung des Wassereisens. Ebendas. f. 1785. II. 387. — Vauquelin; Analyse einiger Sumpferze und seiner Schmelzprodukte in Gehlen's Journ. f. Chemie und Physik. III. 390.

§. 190.

Nach den Resultaten der von mir angestellten Untersuchungen glaube ich den Gehalt von 0,4 Procent Phosphor als die Gränze bezeichnen zu können, bis zu welcher die Abnahme der Festigkeit des Roheisens durch Phosphor noch nicht in einem auffallenden Grade bemerklich wird. Ein Gehalt von ½ Procent giebt schon eine bemerkbare Verminderung der Festigkeit durch die Wurfprobe zu erkennen. Wenn auch die Phosphorsäure in den Eisenerzen häufig angetroffen wird, sey es in Verbindung mit Eisenoxyd (besonders häufig bei den Braun- und Gelb-Eisensteinen aller Formationen) oder in Verbindung mit Kalkerde (Apatit), so würde doch für den Uebergang des aus der Phosphorsäure reducirten Phosphors an das Roheisen, beim Verschmelzen der Eisenerze in den Hohöfen, wenig zu befürchten seyn, wenn sich der Phosphor bei der Verschmelzung der Eisenerze eben so verhielte, wie der Schwefel (§. 181.). Dies ist aber nicht der Fall. Es wird vielmehr nicht eine Spur von Phosphor, oder von Phosphorsäure in die Schlacke gebracht, sondern der ganze Gehalt der Phosphorsäure in der Erzbeschickung sammelt sich als Phosphor in dem Roheisen an und wird von dem Eisen aufgenommen. Dies Resultat, welches ich schon im Jahr 1827 bekannt gemacht habe, ist von französischen Metallurgen anfänglich bezweifelt, aber jetzt auch von ihnen als

richtig anerkannt worden. Durch dies Verhalten der Phosphorsäure hat man allerdings Ursache, solche Erze, die eine bedeutende Beimengung von phosphorsauren Oxyden enthalten, oder Eisenerze mit einem ansehnlichen Gehalt an Phosphorsäure, bei der Verschmelzung nach Möglichkeit zu vermeiden. Dagegen verhält sich aber das Phosphor haltende Roheisen beim Umschmelzen anders als das Roheisen mit Schwefelgehalt. Erfolgt das Umschmelzen in offenen Heerden, unter Zuführung eines starken Windstroms, so wird ein großer Theil des Phosphors verschlackt und geht in Verbindung mit dem oxydirten Eisen in die Schlacke über. Daher enthält, bei der Feineisenbereitung, das Feineisen weniger Phosphor als das graue Roheisen, welches zum Umschmelzen angewendet ward.

Karsten; über die Erzeugung und Verarbeitung des Roheisens aus Wiesenerzen; in dem Archiv f. Bergbau und Hüttenwesen XV. 3. u. f. — Berthier, Traité des essais par la voie sèche. II. 283. 337. — Berthier, sur les fontes phosphorées, in den Ann. des mines. XIV. 113.

§. 191.

Der Phosphorgehalt des Eisens läßt sich nicht aus dem, bei der Auflösung des Eisens in Säuren sich entwickelnden Phosphorwasserstoff bestimmen, theils weil kein Mittel bekannt ist, das Phosphorwasserstoffgas durch die wässrige Auflösung eines Metallsalzes vollständig zu zerlegen; theils weil der nur in geringer Quantität mit dem Eisen verbundene Phosphor nur theilweise als Phosphorwasserstoffgas entweicht, theilweise aber in Säure umgeändert wird und in der sauren Flüssigkeit aufgesucht werden muß. Dadurch entsteht ein verwickeltes und dennoch ganz unzuverlässiges Verfahren zur Bestimmung der Quantität des Phosphors, weshalb dasselbe ganz unanwendbar wird. — Das Phosphorwasserstoffgas bringt in den wässrigen Auflösungen der Bleisalze keine Veränderung hervor; in den (essigsauren und salpetersauren) Silbersalzen entsteht aber bald eine

Trübung, die immer stärker wird, worauf sich metallisches Silber absondert und der Phosphor im oxydirten Zustande in die Flüssigkeit übergeht. Allein diese Zerlegung ist sehr unvollständig, denn wenn man den Woulfschen Apparat anwendet, und dabei mehre Vorlagen, eine jede mit der Silbersalzauflösung angefüllt, anbringt, so tritt die partielle Zerlegung des Silbersalzes in allen Vorlagen ein, weshalb die Silbersalze kein Mittel gewähren, das Phosphorwasserstoffgas vollständig zu zersetzen. — Ein recht gutes und sehr wohl anwendbares Verfahren, den Phosphorgehalt des Eisens zu bestimmen, besteht darin, daß das Eisen, im möglichst fein zertheilten Zustande, mit Salpeter, in einer Retorte von Porzellan, geschmolzen wird. Weil dabei eine Verpuffung entsteht, so ist eine große Vorsicht bei diesem Verfahren erforderlich, um Verluste zu verhüten. Die oxydirte Masse wird mit Wasser aufgeweicht und die wässrige Auflösung demnächst derselben Behandlung unterworfen, wie die Auflösung, welche bei der weiteren Behandlung einer Auflösung des phosphorhaltigen Eisens in Königswasser erhalten wird. Man zieht es nämlich vor, das phosphorhaltige Eisen nicht durch Verpuffen mit Salpeter, sondern durch Auflösen in Königswasser zu oxydiren, und das aufgelöste und aus der Säure wieder niedergeschlagene Eisenoxyd demnächst mit kohlensaurem Alkali zu schmelzen, weil bei diesem Verfahren kein Verlust zu befürchten ist, obgleich das Verpuffen mit Salpeter einfacher und bequemer seyn würde. Die weitere Behandlung der alkalischen Flüssigkeit wird unten, bei dem Verfahren zur Analyse des Eisens angegeben werden.

Eisen und Kohle mit Schwefel.

§. 192.

Es ist noch nicht genau ermittelt, wie der Schwefel die Verbindung des Eisens mit der Kohle, und umgekehrt, wie die Kohle die Verbindung des Eisens mit dem Schwefel modificirt.

Das graue Roheisen, welches Schwefel und Kohle enthält, löst sich in verdünnter Schwefelsäure leicht und mit schneller Entwickelung von Schwefelwasserstoffgas auf. Das weiße Roheisen dagegen sehr träge und das Schwefelwasserstoffgas entwickelt sich erst beim Erhitzen, und nur sehr sparsam in der gewöhnlichen Temperatur. Dieser Erfolg kann aber bloß darin seinen Grund haben, daß sich das weiße Roheisen überhaupt langsamer und träger als das graue, in Säuren auflöst.

§. 193.

Durch einen großen Schwefelgehalt werden die charakteristischen Wirkungen der Kohle auf das Eisen ganz aufgehoben; wenigstens hat man bis jetzt noch keine Verschiedenheit des Verhaltens des Stabeisens, des Stahls, des grauen und des weißen Roheisens, in der Verbindung mit vielem Schwefel, auffinden können, indem sich das Eisen in dieser Verbindung immer nur als Schwefeleisen verhält, und der größere oder geringere Kohlegehalt des zur Verbindung mit Schwefel angewendeten Eisens keine bekannte Verschiedenheit im Verhalten des entstandenen Schwefeleisens äußert. Daß aber dennoch eine Verschiedenheit stattfinden muß, ist um so weniger zu bezweifeln, als sich der größere oder geringere Kohlegehalt des Eisens dabei nicht durchaus leidend verhalten kann, in so fern nicht etwa voraus zu setzen ist, daß der Schwefel die Kohle ganz absondert und sie entweder im Zustande des Graphites, oder, in Verbindung mit ihm, als Kohlenstoffschwefel absondert. Dann würde das sich bildende Schwefeleisen keine Kohle mehr enthalten und man würde sich zur Bereitung desselben eben so gut des Roheisens als des Stabeisens bedienen können, weil die Kohle vollständig abgeschieden wird. Eine solche gänzliche Absonderung der Kohle würde aber ohne Zweifel nur bei einer gewissen und bestimmten Sättigungsstufe des Eisens mit Schwefel eintreten können, und welche diese Sättigungsstufe ist, darüber ist jetzt noch weniger zu entscheiden. Graphit und Schwefel sollen, nach Scheele's

Versuchen, zwar unmittelbar keine Verbindung mit einander eingehen, aber Kohle und Schwefel vereinigen sich bekanntlich unter gewissen Umständen zu einem flüchtigen Körper, dem Kohlenstoffschwefel. Ob dieser Körper auch dann entsteht, wenn das Kohle enthaltende Eisen, nämlich das Roheisen, mit Schwefel verbunden wird, ist nicht wahrscheinlich. Schmelzversuche im Kleinen, in Tiegeln, berechtigen nämlich zu dem Schluß, daß der Schwefel die Kohle in Substanz, aber nicht umgekehrt, die Kohle den Schwefel abzuscheiden vermag. Schmelzt man Spiegeleisen mit Schwefel in verschlossenen Tiegeln, so findet man die Kohle als einen rußartigen Körper, ohne Glanz, auf der unteren Fläche des Schwefeleisens. Diese Kohle hat alle Eigenschaften des Graphit und ist eben so schwer verbrennlich, verflüchtigt sich unter der Muffel auch ohne Rückstand, aber es fehlt ihr der Glanz. Da das Spiegeleisen schon das bis jetzt bekannte Maximum des Kohlegehaltes aufgenommen hat, welches das Eisen aufzunehmen fähig ist, so scheint dieser Erfolg darauf hinzudeuten, daß der Schwefel die Kohle austreibt und daß diese sich in Substanz — und nicht mit Schwefel verbunden — absondert, weil das mit Schwefel noch nicht gesättigte Eisen, mit welchem sie sich hätte verbinden können, schon mit so viel Kohle vereinigt war, daß es nicht noch eine neue Quantität Kohle aufnehmen konnte. — Als aber, bei einem andern Versuch, graues Roheisen im geschmolzenen Zustande über Schwefel gegossen ward, der zur vollständigen Umänderung des Eisens in Schwefeleisen nicht hinreichte, stieg das Schwefeleisen, wegen seines geringeren specifischen Gewichtes, in die Höhe, und konnte durch Abgießen von dem darunter befindlichen flüssigen Eisen getrennt werden. Dies Eisen hatte nach dem Erkalten das Ansehen des Roheisens mit Spiegelflächen. Durch die Analyse ergab sich der Kohlegehalt des zum Versuch angewendeten grauen Roheisens zu 3,9372 Procent, worunter nur 0,6253 gebundene Kohle und 3,3119 Graphit. Der Schwefelgehalt des Roh-

eisens betrug 0,0286 Procent. Dagegen fand sich in dem Spiegeleisen, welches in dem Gefäß zurück geblieben war, ein Kohlegehalt von 5,4878 Procent chemisch gebundener Kohle und ein Schwefelgehalt von 0,4464 Procent. Aus diesem Versuch scheint also hervorzugehen, daß das Eisen, bei der Umänderung in Schwefeleisen, durch einen Zusatz von Schwefel, die sich absondernde Kohle so lange aufnimmt, bis es sich mit dem Maximo des Kohlegehalts verbunden hat und daß die Aussonderung der Kohle in Substanz wirklich dann eintritt, wenn das Maximum des Kohlegehaltes für das noch nicht in Schwefeleisen umgewandelte Roheisen erreicht ist.

Bei der theilweisen Umänderung des grauen Roheisens in Schwefeleisen, bleibt jedoch das im Uebermaaß vorhandene Roheisen nicht immer im Zustande des weißen Roheisens zurück, sondern es erscheint zuweilen nach dem Erkalten auch wieder als graues Roheisen, welches ohne Zweifel nur der zufällig statt gefundenen höheren Temperatur zuzuschreiben ist. Untersucht man nun dieses in Schwefeleisen nicht umgeänderte Roheisen, so findet sich, daß es ebenfalls sehr viel mehr Kohle enthält, als dem grauen Roheisen zukommt. Graues Roheisen, welches einen Kohlegehalt von 3,8594 Procent besaß, (worunter 0,5943 gebundene Kohle) ward im heißflüssigen Zustande auf die vorhin angegebene Weise über Schwefelblumen ausgegossen und hinterließ Roheisen, welches nach dem Erstarren wieder vollkommen grau war, aber 5,6212 Procent Kohle enthielt, worunter 4,5137 Graphit und 1,1085 chemisch gebundene Kohle.

Scheele, Versuche mit Reißblei; in v. Crell's neuesten Entdeckungen, VII. 153. — Berzelius und Marcet, Versuche über den Schwefelalkohol oder den Schwefelkohlenstoff in Schweigger's neuem Journ. f. Chemie und Physik, IX. 284 u. f. vgl. Gilbert's N. Annal. d. Physik, XVIII. 136—166. — Cluzel, über denselben Gegenstand. Ebendas. 301 u. f. — Wirklichkeit des Schwefelkohlenstoffs; ein Bericht über eine Abhand-

lung von Cluzel, abgestattet von Berthollet, Thenard und Vauquelin; in Gilbert's N. Annal. XIII. 419—438.

§. 194.

Da sich, so viel jetzt bekannt ist, Schwefel und Kohle nur dann mit einander verbinden, wenn beide sich im ungebundenen Zustande in der erhöheten Temperatur begegnen; so hat man den Schwefelkohlenstoff auch nur durch Glühen des Schwefels mit der Kohle, oder auch mit Schwefelkies, welcher in der Glühhitze bekanntlich einen Theil Schwefel entläßt, nicht aber durch Glühen des Magnetkieses mit Kohle erhalten können. Daß das zwar völlig mit Schwefel gesättigte, aber in der Weißglühhitze für sich allein unverändert bleibende Schwefeleisen durch den Zutritt der Kohle eine Veränderung erleidet, daß also die Kohle einen Theil des Schwefels in derselben Art austreibt, wie der Schwefel die Kohle (§. 193.), behauptet Hr. Fournet. Diese Behauptung stimmt mit meinen Erfahrungen nicht überein, indeß ist der Widerspruch vielleicht durch die Verschiedenheit der Sättigungsstufen erklärbar. Nach meinen wiederholten Versuchen bleibt das Schwefeleisen im Minimo zwar völlig unverändert, wenn es auch stundenlang mit Kohle in der stärksten Weißglühhitze erhalten wird; allein es nimmt noch etwas Kohle auf, und wird dadurch mürbe.

Fournet; in den Ann. des mines. 3me Série. IV. 1. 225.

§. 195.

Wenn das Kohle haltende Eisen so wenig Schwefel enthält, daß derselbe die charakteristischen Wirkungen der Kohle auf das Eisen nicht aufzuheben im Stande ist, so bewirkt er eine größere Schmelzbarkeit, welche sich beim Stabeisen und Stahl dadurch äußert, daß beide in einer niedrigeren Temperatur Schweißhitze annehmen, als diejenige ist, in welcher das reine Eisen oder der reine Stahl dieselbe erhalten. Der Verbindung durch das Schweißen ist der Schwefelgehalt aber hinderlich, vermuthlich weil das schwefelhaltige Eisen in der Weißglühhitze

zu leichtflüssig ist. Mit der Eigenschaft des schwefelhaltigen Eisens, in geringerer Hitze flüssig zu werden, aber schnell zu erkalten, hängt auch der schnelle Uebergang des rothbrüchigen Eisens und des Stahls aus der Weißglühhitze zur Rothglühhitze zusammen. Dieser schnelle Uebergang verhindert die Verbindung der Eisentheile unter einander, und bewirkt den Rothbruch, welcher sich in geringem Grade durch Kantenbrüche, in größerem Grade (wegen des gänzlichen Mangels der Schweißbarkeit) durch das völlige Zerfallen oder Auseinanderfallen des Eisens und Stahls, beim Schmieden unter dem Hammer äußert. — Stabeisen und Stahl, die im höchsten Grade rothbrüchig sind, müssen auch zugleich kaltbrüchig seyn, weil durch eine große Menge von Rissen und Sprüngen der Zusammenhang der Eisentheile aufgehoben wird.

Bei dem Roheisen äußert sich die Wirkung des Schwefels noch auffallender durch den schnelleren und hitzigeren Fluß des Roheisens, und durch den schnellen Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand. Das schwefelhaltige Roheisen erkaltet bald, und erscheint daher auch, bei einer geringen Abnahme der Temperatur, schon ganz dickflüssig, mit rother Farbe. — Die vorzüglichste Wirkung des Schwefels bei der Verbindung mit Roheisen, scheint darin zu bestehen, daß es die allgemeine Verbindung des Eisens mit Kohle befördert, wahrscheinlich weil es das Roheisen schon in einer niedrigeren Temperatur dünnflüssig macht und es dadurch der Einwirkung einer höheren Temperatur, bei welcher die Graphitbildung allein nur stattfinden kann, entzieht. Deshalb ist es schwer, sowohl im Großen, als auch bei Tiegelproben im Kleinen, graues Roheisen bei der Reduction schwefel- oder schwefelsäurehaltiger Eisenerze zu bekommen, indem das Roheisen oder das Roheisenkorn gerne eine weiße Farbe behält, und zur Graphitbildung wenig geneigt ist. Daß das graue Roheisen weiß wird, wenn es, in Verbindung mit Schwefel, ganz langsam und ruhig erkaltet, wobei es sonst grau

zu bleiben pflegt, ist eine Erscheinung, von welcher der Grund schon vorhin (§. 193.) angegeben worden ist.

§. 196.

Hr. Evain in Metz machte zuerst aufmerksam, daß sich gühendes Eisen, selbst wenn es einen Zoll dick ist, in wenigen Sekunden vermittelst einer Schwefelstange, welche auf das glühende Eisen senkrecht gehalten wird, durchbohren lasse. Weil man der Schwefelstange jede beliebige Gestalt des Querschnitts geben kann, indem man den Schwefel in Formen gießt, deren Querschnitte der Gestalt entsprechen, welche das durch das Eisen zu bohrende Loch haben soll; so glaubte man, sich dieses einfachen Mittels bedienen zu können, um Löcher von jeder Gestalt durch das Eisen zu bohren. Zwar fallen die Löcher ziemlich rein und scharf aus, indeß läßt es sich doch nicht vermeiden, daß sich die Wirkung des abtropfenden Schwefels, auf beiden Flächen des Eisens, nicht auch rund um das durchgebohrte Loch erstreckt. Die Arbeit erhält daher ein schlechtes Ansehen und das Verfahren wird nur in wenigen Fällen zu empfehlen seyn. — Es hat sich aber dabei die merkwürdige Thatsache ergeben, daß der Schwefel keine Wirkung äußert, wenn das Eisen nur stark roth glühet, und selbst dann nicht, wenn es noch nicht volle Weißglühhitze hat. Die Verbindung des Eisens mit Schwefel erfordert also, wenn sie schnell und fast augenblicklich erfolgen soll, eine Temperatur, welche der Weißglühhitze gleich kommt. Bei einer geringeren Temperatur verdampft der Schwefel und greift das Eisen wenig an, wenn er Gelegenheit hat, zu entweichen und wenn er in bedeckten Gefäßen nicht gegen schnelles Verflüchtigen geschützt wird. — Stahl schien noch schneller angegriffen zu werden, als Stabeisen. Der Grund ist wahrscheinlich darin zu suchen, daß Stahl die Schweißhitze schneller annimmt als das Stabeisen. — Mit Roheisen, sowohl mit dem grauen als mit dem weißen, läßt sich kein solcher Erfolg bewirken. Dies Verhalten stimmt sehr gut mit der im §. 193. angegebe-

nen Ursache überein, indem die Kohle, so lange das Eisen nicht flüssig ist, auch nicht ausgetrieben werden kann, der Schwefel also auch keine Verbindung mit dem Eisen einzugehen vermag, indeß darf bei der Beurtheilung dieses Erfolges auch nicht übersehen werden, daß das Roheisen, ohne in den Zustand der Flüssigkeit zu gerathen, nicht bis zu dem Grade der Temperatur erhitzt werden kann, welcher erfordert wird, wenn sich der Schwefel schnell und augenblicklich mit dem Eisen verbinden soll.

Evain, in den Ann. de Chimie et de Physique, XXV. 107.

§. 197.

Es scheint nur ein geringer Schwefelgehalt erforderlich zu seyn, um das Roheisen dickflüssig zu machen. Diese Dickflüssigkeit ist wahrscheinlich auch die Ursache, weshalb das Schwefel haltende Roheisen, besonders wenn es nicht stark über dem Schmelzpunkt erhitzt worden ist, viele Höhlungen und Blasenräume beim Erstarren erhält. In dem Roheisen, aus welchem das im §. 193. erwähnte sehr rothbrüchige Stabeisen gefrischt worden ist, habe ich nur einen Gehalt von 0,371 Procent Schwefel gefunden. Weil das Roheisen schon ein so überaus rothbrüchiges Stabeisen gab, daß es dadurch völlig unbrauchbar ward, so ist wohl nicht zu glauben, daß irgend wo Eisenerze verschmolzen werden, aus welchen Roheisen mit einem größeren Schwefelgehalt ausgebracht wird. Der Schwefelgehalt des bei Koaks erblasenen Roheisens variirt, wenigstens in den von mir untersuchten verschiedenen Roheisensorten, von 0,005 bis 0,08 Procent, und ein ähnliches Schwanken findet auch bei dem Roheisen statt, welches bei Holzkohlen erzeugt worden ist. Im Allgemeinen ist der Schwefelgehalt bei dem Koaksroheisen größer als bei dem Holzkohlen-Roheisen, wenn zur Darstellung des Roheisens einerlei Erze angewendet werden; aber der Schwefelgehalt des Roheisens ist in einem ungleich höheren Grade von der Beschaffenheit der Erze, als von der Art des Brennmaterials abhängig.

Weil ein sehr geringer Schwefelgehalt schon hinreicht, um die Schmelzbarkeit des Roheisens zu befördern, so ist darin vorzüglich der Grund zu suchen, weshalb das schwefelhaltige Roheisen sehr geneigt ist, weißes Roheisen zu bilden. Sind die Verhältnisse aber von der Art, daß das Roheisen stark über seinen Schmelzpunkt erhitzt werden kann, so wird sich auch graues Roheisen bilden. Und ein solches Roheisen besitzt dann eine vorzügliche Festigkeit, so daß man keinesweges behaupten kann, daß die Festigkeit des Roheisens durch den Schwefelgehalt an sich, und wenn derselbe auch bis 0,4 Procent beträgt, vermindert würde. Ein geringer Schwefelgehalt giebt dem Roheisen vielmehr eine größere Festigkeit, in so ferne es nur nicht in einer zu niedrigen Temperatur geschmolzen ist.

Eisen und Kohle mit Phosphor.

§. 198.

Eine größere Ungewißheit, wie bei dem Verhalten der dreifachen Verbindung des Eisens mit Kohle und Schwefel, findet bei der dreifachen Verbindung des Eisens mit Kohle und Phosphor statt. Eine Verbindung der Kohle mit Phosphor ist bis jetzt noch unbekannt, nnd was einige Chemiker dafür angesehen haben wollen, hat sich nicht als eine solche bestätigt. — Im Allgemeinen ist das Verhalten des Phosphors zum Kohle haltenden Eisen und das des letzteren zum Phosphor sehr wahrscheinlich dem des Schwefels mit dem Roheisen analog. Ein Uebermaaß von Phosphor hebt die charakteristischen Wirkungen der Kohle auf das Eisen eben so auf, wie ein Uebermaaß von Schwefel. Die Wirkungen der Kohle auf das Phosphoreisen, in den höchsten Graden der Temperatur, sind ebenfalls noch völlig unbekannt.

§. 199.

Ist nur so wenig Phosphor mit dem Eisen verbunden, daß die charakteristischen Eigenschaften, welche das Eisen durch

die Verbindung mit Kohle erhalten hat, nicht verloren gegangen sind, so besteht die Modification, welche das Eisen durch den Phosphorgehalt erleidet, ebenfalls darin, daß es bedeutend leichtflüssiger wird. Das Phosphorhaltige Stabeisen und Stahl bekommen eher Schweißhitze und die Schweißbarkeit geht durch den Phosphorgehalt nicht verloren, welches vielleicht daher rührt, daß das Phosphoreisen nicht so, wie das Schwefeleisen schnell erkaltet, sondern sehr lange die Hitze behält. Deshalb lassen sich phosphorhaltiges Eisen und Stahl auch in allen Graden der Glühhitze sehr leicht und gut schmieden, nur daß ein in hohem Grade kaltbrüchiges Eisen im weißglühenden Zustande sehr weich ist. So wie aber das Glühen aufhört und eine Erkaltung des Eisens eintritt, äußert sich die Wirkung des Phosphors durch die sehr geringe Festigkeit des Eisens. Außerdem pflegt das Phosphorhaltige Eisen gewöhnlich hart zu seyn, so daß sich zu der natürlichen Mürbheit desselben auch noch die von der Härte abgeleitete Sprödigkeit gesellt, wodurch dies Eisen in der Kälte sehr brüchig wird, und daher auch kaltbrüchiges Eisen genannt wird.

Auch beim Roheisen zeigt sich der Phosphorgehalt des Eisens durch einen schnelleren und ruhigeren Fluß, aber auch zugleich durch das Flüssigbleiben des Eisens, indem dasselbe wenigstens nicht schneller, wahrscheinlich aber noch langsamer erstarrt, als das völlig gutartige Roheisen. Der Phosphor theilt dem Roheisen also nicht die von der schnellen Erstarrung herrührende Dickflüssigkeit des rothbrüchigen Roheisens, sondern einen dünnen Fluß mit, weshalb sich dies Eisen auch ganz vorzüglich zur Anfertigung von Gußwaaren eignet.

Der Graphitbildung strebt der Phosphor übrigens in einem noch höheren Grade, wie der Schwefel entgegen, und beide Körper verhalten sich in dieser Rücksicht gegen das Roheisen ziemlich gleich. Die Ursache ist jedoch nur darin zu suchen, daß

der Phosphor eben so wie der Schwefel, die Schmelzbarkeit des Roheisens befördert.

§. 200.

Eben so wie dem Stabeisen, ertheilt der Phosphor auch dem Roheisen eine kaltbrüchige Beschaffenheit. Das aus Phosphorsäure haltenden Eisenerzen erblasene Roheisen muß daher besonders leicht zersprengbar seyn und wenig Festigkeit besitzen, wenn es nicht bedeutend über seinen Schmelzpunkt erhitzt, also nicht in Roheisen umgeändert ist, welches beim Erstarren grau wird, indem sich dann zu der natürlichen Sprödigkeit alles weißen Roheisens auch noch diejenige gesellt, welche durch den Phosphorgehalt herbeigeführt wird. — Weil der Phosphor dem Roheisen aber einen sehr dünnen Fluß ertheilt, ohne daß es dazu eines sehr gesteigerten Hitzgrades bedarf, so ist das durch Phosphor kaltbrüchige Roheisen, wenn es nicht zu viel Phosphor enthält, zu vielen Gußwaaren ganz vorzüglich anwendbar, indem es die feinsten Formen ausfüllt, ohne die Formenmassen stark anzugreifen. Der Phosphorgehalt des Roheisens aus solchen Erzen, in denen sich kein Phosphor auffinden läßt, beträgt selten unter 0,2 Procent. Der größte Phosphorgehalt, welchen ich bisher im Roheisen aus Wiesenerzen gefunden habe, war 5,6 Procent. Bis zu welchem Grade der Phosphorgehalt steigen kann, ehe das Roheisen selbst zur Anfertigung von Gußwaaren unbrauchbar wird, läßt sich nicht bestimmen, weil man schwerlich in den Fall kommen wird, Eisenerze von einem so großen Gehalt an Phosphorsäure zu verschmelzen, daß das Roheisen mit demselben Recht Phosphoreisen als Roheisen genannt werden könnte.

Das Phosphor haltende Roheisen, selbst wenn es den Grad der Hitze erlangt hat, daß es nach dem Erstarren als graues Roheisen erscheint, ist sehr geneigt, beim Umschmelzen in Kupolöfen wieder weiß zu werden. Es ist sogar kaum möglich, in niedrigen Kupolöfen graues Roheisen aus Roheisen mit

bedeutendem Phosphorgehalt (2—3 Procent) durch Umschmelzen darzustellen, ohne Zweifel, weil es bei einer niedrigen Kohlensäule zu schnell zur Schmelzung gelangt und sich, wegen seiner Dünnflüssigkeit der concentrirten Hitze vor der Form zu schnell entzieht. Zum Umschmelzen eines solchen Roheisens ist daher eine hohe Kohlensäule, also ein hoher Kupolofen erforderlich.

Eisen und Fluor, Selen, Chlor, Brom und Jod.

§. 201.

Mit dem Fluor scheint sich das Eisen nicht zu verbinden, wenn die Eisenerze mit einem Zusatz von Flußspath geschmolzen werden. Den nachtheiligen Einfluß, welchen man auf einigen Hüttenwerken von einem Zuschlag von Flußspath zu der Beschickung, bemerkt haben will, hat man auf andern Eisenhütten so wenig gefunden, daß man vielmehr die entgegengesetzte Meinung hegt, daß ein Zuschlag von Flußspath vorzüglich geeignet sey, ein festes und vorzüglich gutes Eisen zu liefern. Die günstige oder ungünstige Einwirkung des Flußspaths scheint daher wohl nur mit den allgemeinen Verhältnissen einer gut oder übel gewählten Beschickung in Verbindung zu stehen.

Das Selen ist ein so seltener Begleiter der Eisenerze, daß über den Einfluß des Selen bei dessen Verbindung mit Eisen noch nichts bekannt geworden ist.

Dasselbe ist vom Brom oder Jod zu sagen. Das Chlor scheint unter den Verhältnissen, wie sie bei den Eisendarstellungs-Prozessen im Großen vorkommen, ohne allen Einfluß zu seyn, wenigstens ist keine Verbindung von Eisen mit kleinen Quantitäten von Chlor bis jetzt bekannt. Bei dem übereinstimmenden Verhalten des Brom und Jod mit dem Chlor, dürfte für jene beiden Körper dasselbe anzunehmen seyn.

Eisen und Säuren.

§. 202.

Daß das Eisen das Wasser, in welchem etwas Salz aufgelöst ist, schon in der gewöhnlichen, das ganz reine Wasser aber erst in ein r, den Siedepunkt übersteigenden Temperatur zersetzt, und in Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt, wovon der letztere als Wasserstoffgas entweicht, der erstere sich mit dem Eisen verbindet, ist schon oben (§. 145.) bemerkt. Diese Zersetzung wird durch den Zutritt einer Säure ungemein befördert und beschleunigt. In den mehrsten Säuren, wenn dieselben wasserfrei dargestellt werden könnten, würde das Eisen daher (so wie jedes andere Metall) unauflösbar seyn, weil die Auflösung nur durch eine vorhergegangene Wasserzersetzung möglich wird. Einige wenige Säuren, bei denen diese Regel eine Ausnahme erleidet, sind verschiedener darstellbarer Oxydationsstufen fähig und können daher auch die Oxydirung des Eisens, ohne welche eine Verbindung mit der Säure nicht statt finden würde, in derselben Art bewirken, wie sie bei den Wasser haltenden Säuren gewöhnlich durch das Wasser herbeigeführt wird.

§. 203.

Auf die Kohle, auf den Schwefel und auf den Phosphor äußern nur diejenigen Säuren, welche mehrer für sich darstellbarer Oxydationsstufen fähig sind, eine Wirkung, indem sie den genannten Körpern einen Theil ihres Sauerstoffs abtreten und sich selbst auf eine niedrigere Oxydationsstufe stellen. Daher erfolgt diese Wirkung auch fast immer nur in erhöheten Temperaturen. Anders ist das Verhalten dieser Körper, wenn sie mit dem Eisen verbunden sind; sie nehmen alsdann an der Wasserzersetzung thätigen Antheil, indem sie sich theils mit dem Sauerstoff, theils mit dem Wasserstoff des Wassers verbinden, und daher theils als oxydirte Körper in der Auflösung zurückbleiben, theils in Verbindung mit dem Wasserstoff als Kohlen-

Wasserstoffgas, Schwefel-Wasserstoffgas und Phosphor-Wasserstoffgas entweichen.

§. 204.

Die Gasarten, welche sich bei der Auflösung des Eisens in Säuren entwickeln, sind außer von der Beschaffenheit der Säure selbst, auch von dem Grade der Concentration derselben abhängig. Nach der verschiedenen Beschaffenheit der Säure entwickeln sich im Allgemeinen vier verschiedene Luftarten, nämlich Wasserstoffgas, schwefligtsaures Gas, Salpetergas, oder oxydirtes Stickgas. Das Wasserstoffgas entsteht jedesmal bei der Auflösung des Eisens in allen Säuren, concentrirte Schwefelsäure allein ausgenommen. Salpetergas oder oxydirtes Stickgas entwickeln sich bei der Auflösung des Eisens in Salpetersäure; das erstere, wenn die Säure concentrirt, das letztere, wenn sie beträchtlich verdünnt ist. Das schwefligtsaure Gas entweicht bei der Behandlung des Eisens mit vollkommen concentrirter Schwefelsäure in erhöheter Temperatur. Weil die Schwefelsäure in der erhöheten Temperatur, und die Salpetersäure schon in den niedrigsten Wärmegraden, einen Theil ihres Sauerstoffgehaltes hergeben, wenn ihnen eine oxydable Grundlage dargeboten wird, so entweicht der zerlegte Antheil in einem niedrigeren Oxydationszustande als neutrale Verbindung (als schwefligtsaures Gas, oder als Salpetergas, oder oxydirtes Stickgas), und der Sauerstoff tritt an die oxydable Grundlage. Enthielt das Eisen Kohle, Schwefel oder Phosphor, so bleibt der ganze Gehalt als veränderte Kohle, (in einem sehr verschiedenartigen Zustande, nämlich theils als von der Säure wirklich aufgelöst, theils als unaufgelöster und oxydirter Rückstand) als Schwefelsäure, oder als Phosphorsäure in der Auflösung des Eisens zurück, wenn zur Auflösung concentrirte Schwefelsäure oder Salpetersäure genommen werden. Bei der Anwendung aller übrigen Säuren und der verdünnten Schwefelsäure tritt aber ein anderer Umstand ein, nämlich die Verbindung des Schwefels, des Phosphors

und der Kohle mit dem sich entwickelnden Wasserstoff. Es bleibt in diesem Zustande nur ein Theil jener Körper oxydirt in der Auflösung des Eisens zurück, ein anderer wird im gasförmigen Zustande mit fortgeführt. Dies ist der Grund, warum die Schwefelsäure (nämlich die verdünnte) und die Salzsäure kein so empfindliches Reagens auf den Kohlegehalt u. s. f. des Eisens sind, als die Salpetersäure, indem sie oft einen ganz weißen, ungefärbten Rückstand hinterlassen, wenn die Salpetersäure einen braunen oder schwarzen giebt. Wenn es daher darauf ankommt, den Schwefel- oder Phosphorgehalt des Eisens in der Auflösung selbst aufzusuchen, so darf nur Salpetersäure oder Königswasser angewendet werden. Bei allen übrigen Säuren wird der Schwefel völlig, und der Phosphor zum Theil, als Schwefelwasserstoffgas oder als Phosphorwasserstoffgas verflüchtigt, weshalb das sich entwickelnde Gas sorgfältig aufgefangen und untersucht werden muß, um den Schwefel- oder Phosphorgehalt des Eisens zu erfahren. Stabeisen, Stahl und Roheisen, welche mit etwas Schwefel verbunden sind, lassen bei der Auflösung in Salzsäure nicht eine Spur von Schwefel oder Schwefelsäure zurück, sondern aller Schwefel wird als hepatisches Gas entwickelt. Deshalb ist selbst das Königswasser kein ganz zuverlässiges Auflösungsmittel, um den Schwefelgehalt des Eisens auszumitteln. — Dagegen läßt sich der Phosphorgehalt nur durch Umänderung des Phosphors in Säure, vermittelst der Salpetersäure oder des Königswassers, in der Siedhitze, bestimmen. — Der Kohlegehalt hingegen kann auf keine Weise durch Auflösen des Eisens in Säuren ausgemittelt werden, weil ein Theil mit den sich entwickelnden Gasarten fortgeführt wird, ein anderer Theil in einem ganz veränderten Zustande zurück bleibt, und ein dritter Theil von der sauren Flüssigkeit selbst aufgenommen wird, aus welcher sie nicht wieder abgeschieden werden kann. Die bisherigen Angaben über den Kohlegehalt der verschiedenen Eisenarten sind daher nicht ganz zuverlässig, weil auf dies Verhalten

der mit dem Eisen verbundenen Kohle zu wenig Rücksicht genommen werden konnte.

Berzelius, Zerlegung der Kieselerde durch gewöhnliche chem. Mittel; in Gilbert's neuen Ann. der Physik. VI. 92. Anm.

§. 205.

Die Quantitäten Wasserstoffgas, welche sich bei der Auflösung des Eisens in verdünnten Säuren entwickeln, haben zuerst Bergman und Rinman, und demnächst die französischen Chemiker Monge, Berthollet und Vandermonde als Maaßstab zur Bestimmung der Menge des regulinischen Eisens in den verschiedenen Eisenarten angewendet. Bergman fand zuerst, daß Stabeisen unter übrigens ganz gleichen Umständen mehr Wasserstoffgas entwickele, als Stahl, und dieser mehr als Roheisen, woraus er schloß, daß Stabeisen mehr Eisen enthalten müsse, als Stahl, und dieser wieder mehr als Roheisen. Als mittlere Durchschnittszahl von seinen Versuchen entstehen bei der Auflösung von 100 Theilen Eisen, bei Stabeisen 50, bei Stahl 48 und bei Roheisen 42 Kubikzoll brennbare Luft. Die französischen Chemiker nehmen nach ihren Versuchen das mittlere Verhältniß von 76, von 74 und von 67 an. Setzt man nach dem ersten Verhältniß die Quantität reines Eisen, woraus 76 Kubikzoll Wasserstoffgas erhalten werden = 100; so ergiebt sich durch Berechnung, daß im Stahl 97,32, und im Roheisen nur 88,1 regulinisches Eisen enthalten seyn können. Weil diese Berechnung mit den Resultaten der Analysen nicht übereinstimmt, sondern den Eisengehalt des Roheisens und des Stahls niedriger angiebt, als er wirklich ist; so glaubten die französischen Chemiker einen Sauerstoffgehalt des Roheisens annehmen zu müssen, und die geringere Quantität des sich entwickelnden Gases ist in der That der einzige Grund, den sie für diese Ansicht angeführt haben. Einen zweiten Grund, der ihnen zwar ebenfalls nicht entging, auf den sie aber zu wenig Gewicht legten, und dessen nähere Prüfung sie zu ganz anderen

Resultaten geführt haben würde, finden sie in dem mit dem Wasserstoffgas sich entwickelnden Kohlenstoff, durch welchen das Gas mehr verdichtet, oder weniger expandirt wird. Befangen von der Ansicht, einen Sauerstoffgehalt des Roheisens, besonders des weißen, vorauszusetzen, und ausgehend von der unerwiesenen Annahme, daß das graue Roheisen mehr Kohle als das weiße enthalte, — zu welcher Annahme sehr wahrscheinlich nur die Farbe des Roheisens die Veranlassung gegeben haben wird, — war es ihnen leicht, die abweichenden Verhältnisse des sich entwickelnden Wasserstoffgases, bald durch den Sauerstoff bald durch den Kohlenstoff des Eisens zu erklären.

Bergman, de analysi ferri; Opusc. III. — Monge, Berthollet und Vandermonde in v. Crell's chem. Ann. für 1794. I. — Rinman a. a. O. II. 373—380.

§. 206.

Bergman und Rinman machten bei ihren Untersuchungen schon die, über die Natur der verschiedenen Roheisenarten so helles Licht verbreitende und doch zu wenig beachtete Erfahrung, daß sich beim Auflösen des grauen Roheisens weit mehr Gas entwickele als bei dem weißen, und daß man sogar aus demselben grauen Roheisen, welches durch das bloße Umschmelzen weiß geworden war, weniger Gas als vorher erhalte, obgleich durch das Umschmelzen eigentlich ein Theil Kohle hätte verbrennen können. Diese Erscheinung, welche selbst in den neuesten Zeiten noch ganz falsch gedeutet worden ist, durch eine Aufnahme von Sauerstoff zu erklären, ist eben so gezwungen, als ohne Grund. Eben so wenig läßt sich aus der bisherigen Ansicht von der Verbindung der Kohle mit Eisen erklären, warum das graue Roheisen nicht viel weniger, ja oft eben so viel Wasserstoffgas giebt, als das Stabeisen; es läßt sich nicht erklären, warum das bei der Auflösung des weißen Roheisens erhaltene Wasserstoffgas mehr Kohle enthält als das Gas, welches sich beim Auflösen des grauen

Roheisens entwickelt. Die Art der Verbindung des Eisens mit der Kohle kann darüber allein nur Aufschluß geben. Das graue Roheisen, oder das mit Graphit verbundene Eisen, muß deshalb eine größere Quantität Luft entwickeln als das weiße, weil dieses die Kohle in einem solchen Verbindungszustande enthält, daß sich bei der Auflösung in Säuren ungleich mehr Kohlenwasserstoffgas entbindet, welches in einem und demselben Raume mehr Wasserstoff enthält, als das reine Gas. Aber außer dem Kohlenwasserstoffgas bilden sich auch noch andere, nicht gasförmige Produkte, welche wahrscheinlich aus Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff bestehen, und die nur dann entstehen können, wenn sich die Kohle in einem solchen Verbindungszustande mit dem Eisen vereinigt befindet, wie es bei dem weißen Roheisen und bei dem gehärteten Stahl der Fall ist. — Die Berechnung des metallischen Eisens in den verschiedenen Eisenarten, durch die bei der Auflösung in Säuren sich entwickelnden Luftquantitäten, wird also höchst schwierig und unzuverlässig, wenn nicht die Beschaffenheit des erhaltenen Gases und der übrigen Produkte mit der größten Sorgfalt geprüft wird. — Auch von der Anwendung der Salpetersäure und der concentrirten Schwefelsäure sind keine zuverlässigen Resultate zu erhalten; theils weil die Zeit, in welcher die Auflösung geschieht, bei den verschiedenen Eisenarten sehr verschieden ist und auf die Beschaffenheit der sich entwickelnden Gasarten Einfluß hat; theils weil es kaum möglich ist, einen und denselben Grad der Temperatur anzuwenden; theils weil die genaue Quantitätenbestimmung der aufgefangenen und so leicht zu neuen Verbindungen geneigten sauren Gasarten, sehr vielen Schwierigkeiten unterworfen ist; theils endlich, weil man noch kein Mittel kennt, den in der Flüssigkeit selbst aufgelösten Antheil Kohle abzuscheiden und seine Quantität zu bestimmen.

§. 207.

Diese Schwierigkeiten werden noch größer, wenn das

Eisen, außer der Kohle, auch noch Schwefel oder Phosphor enthält. Das Wasserstoffgas verbindet sich mit diesen Substanzen ebenfalls und vermindert dadurch sein Volumen. — Die wahre Zusammensetzung des Oels, welches sich bei der Auflösung des Kohlehaltenden Eisens in Salzsäure oder in Schwefelsäure, besonders aber in Salzsäure, bildet, ist noch nicht bekannt. Dies Oel hat die Natur der ätherischen Oele und besitzt einen starken, höchst unangenehmen firnißartigen Geruch. Leitet man das sich entwickelnde Gas durch Alkohol, so nimmt derselbe einen geringen Theil von diesem Oel auf, welches sich durch Zusatz von Wasser abscheiden läßt. Unbezweifelt ist es aus Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff zusammengesetzt, aber die Verhältnisse sind unbekannt. Außer dem Oel bilden sich zuweilen auch weiße käseartige Gerinnungen, wenn Salzsäure und Schwefelsäure zur Auflösung des Kohleeisens angewendet werden. Diese Gerinnungen sind weniger flüchtig als das Oel und scheinen sich von diesem durch ein geringeres Verhältniß von Wasserstoff und vielleicht durch einen größeren Gehalt von Kohlenstoff zu unterscheiden. Ob dem Kohlenwasserstoffgas, welches sich bei der Auflösung des Eisens in Säuren entwickelt, der unangenehme Geruch eigenthümlich ist, oder ob derselbe nur von der sich zugleich bildenden und mit den Gasarten entweichenden ölartigen Substanz herrührt, bleibt näher zu untersuchen. Das Gas hat auf die Auflösungen der Bleisalze keinen Einfluß, aber die Silbersalze scheinen dadurch unvollständig, vielleicht unter Bildung von Kohlensilber, zersetzt zu werden. Das Gas ist in reinem Wasser, in Säuren, in Salzauflösungen, in Alkohol, in Aether, wenig auflöslich, theilt aber allen diesen Flüssigkeiten den eigenthümlichen stinkenden Geruch mit, und färbt die concentrirte Schwefelsäure schwarz. Wird es durch den Woulfischen Apparat geleitet, so nehmen alle die genannten Flüssigkeiten den eigenthümlichen Geruch an, aber das aus der letzten Vorlage entweichende Gas ist immer noch nicht geruchlos, wenn

auch das gleichzeitig sich mit entwickelnde Schwefelwasserstoffgas vollständig, und das Phosphorwasserstoffgas (durch mehre Vorlagen von Silbersalz-Auflösungen) in möglichst großer Menge abgesondert worden sind. Das Oel ist zwar flüchtig, bedeckt aber, wenn es sich in Menge bei der Auflösung einiger Roheisenarten bildet, die saure Flüssigkeit und haftet an den Wänden der Auflösungsgefäße. Die käseartigen Gerinnungen sind bei der gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre nicht flüchtig; sie bilden eine sehr lockere und specifisch leichte Verbindung, welche geruchlos zu seyn scheint und jenen eigenthümlichen Geruch nur von dem Oel ableitet, welches daran haftet. Haben auch alle diese Verbindungen für den Metallurgen nur ein geringes Interesse, so bleibt eine nähere Kenntniß von ihrer Natur und Zusammensetzung doch sehr wünschenswerth.

Wenn man bei der Auflösung des Eisens in Säuren den Woulfischen Apparat anwendet und die erste Vorlage mit einer Bleisalzauflösung anfüllt, um das Schwefelwasserstoffgas zu zersetzen, zur Flüssigkeit in der zweiten Vorlage aber concentrirte Schwefelsäure nimmt, so entzieht dieselbe dem Gas, welches nicht absorbirt wird, sondern aus der Glasröhre entweicht, den stinkenden Geruch ganz vollständig. Die Säure färbt sich später, bei Luftzutritt, aber sie erhält einen angenehmen Aethergeruch.

Vauquelin in Gehlen's Journ. f. Chemie u. Physik, III. 369 394. — Proust, Ebendas. 395.; vergl. Gilbert's Ann. d. Phys. XXIV. 293—296.

§. 208.

Je mehr Kohle das Eisen enthält, desto mehr wird im Allgemeinen die Auflösung desselben in Säuren verzögert, und ein desto höherer Grad der Temperatur ist zur völligen Auflösung erforderlich. Stabeisen und graues Roheisen lösen sich am schnellsten, und das weiße Roheisen am langsamsten auf. Der Schwefelgehalt des Eisens vermindert die Auflöslichkeit desselben in Säuren nicht, dagegen bewirkt der Phosphorgehalt wirklich

eine verminderte Auflöslichkeit, die besonders bei dem Roheisen mit größerem Phosphorgehalt sehr bedeutend ist.

§. 209.

Als ein unterscheidendes Kennzeichen des Stahls vom Stabeisen pflegt wohl die, von Rinman zuerst beobachtete und angegebene Erscheinung angeführt zu werden, daß ein Tropfen Säure auf dem Stahle einen schwarzen Fleck zurückläßt, während das Stabeisen ungefärbt bleibt. Der Grund dieser Erscheinung ist leicht einzusehen. Weißes Roheisen bekommt aus derselben Ursache ebenfalls einen schwarzen Fleck.

§. 210.

Die verschiedenen Eisenarten bieten beim Auflösen in Säuren Erscheinungen dar, welche sehr dazu geeignet sind, einen Aufschluß über die Natur der Verbindungen des Eisens mit Kohle, in den verschiedenen Zuständen derselben zu geben, wenn auch eine genauere quantitative Bestimmung durch den Auflösungs-Prozeß nicht stattfinden kann.

Das Stabeisen löst sich in sehr verdünnter Schwefelsäure und in verdünnter Salzsäure langsam auf und hinterläßt einen schwarzen Rückstand, welcher ein graphitisches Ansehen hat, aber nach dem Aussüßen und Trocknen vom Magnet gezogen wird, und beim Glühen unter Luftzutritt rothes Eisenoxyd zurückläßt. Bleibt diese graphitische Substanz länger in den verdünnten Säuren liegen, so ändert sie sich in eine schwarzbraune, dem Magnet nicht mehr folgsame Kohle um, und Salpetersäure verwandelt sie sehr bald in ein braunrothes Pulver, welches sich, ohne einen Rückstand zu hinterlassen, noch vor dem Glühen verbrennen läßt.

Wendet man zur Auflösung des Stabeisens concentrirte Salzsäure an, so erfolgt die Auflösung ohne allen Rückstand. Auch starke Schwefelsäure hinterläßt nur Spuren von Kohle, oder vielmehr von einer schwarzbraunen, kohleartigen und leicht entzündbaren Substanz. Dieses kohleartige Wesen verhält sich

fast so, wie die aus den weichsten Holzarten durch unvollkommene Verkohlung, ohne Anwendung von Glühhitze erhaltene Kohle, welche mit Unrecht diesen Namen führt. Schon Proust hat sich des sehr bezeichnenden Ausdrucks: oxydirte Kohle bedient. Bei der Anwendung von Salpetersäure bleibt hingegen, wenn die Säure sehr verdünnt war und die Auflösung in der gewöhnlichen Temperatur erfolgte, eine rothbraun gefärbte Kohle zurück, welche sich durch Erhitzen der Flüssigkeit schnell und fast immer vollständig auflöst und die Auflösung braun färbt. Deshalb wird das Stabeisen auch in nicht sehr verdünnter Salpetersäure, oder in Königswasser, wenn zugleich Siedhitze angewendet wird, ohne allen Rückstand aufgelöst. Concentrirte Salpetersäure erfordert immer Siedhitze, um das Eisen aufzulösen.

§. 211.

Der weiche, nicht gehärtete Stahl verhält sich mit verdünnter Schwefelsäure und mit Salzsäure eben so wie Stabeisen, nur bleibt in bedeutend größerer Menge graphitische Substanz zurück und die Auflösung erfolgt ungleich langsamer. Concentrirte Salzsäure giebt keinen Rückstand. Starke Schwefelsäure löst den Stahl ziemlich schnell auf und es fallen dabei Graphitblättchen ab, welche sich bald in schwarzbraune Kohle umändern. Wird die Flüssigkeit schnell von dem noch nicht aufgelösten Stahl abgegossen, ehe die Graphitblättchen gänzlich in Kohle umgeändert sind, und wird die schon entstandene Kohle durch Aetzkali weggenommen, worin sie sich mit dunkelbrauner, fast schwarzer Farbe auflöst, so lassen sich diese Graphitblättchen ziemlich rein darstellen. Sie haben ein metallisches Ansehen, welches sie, unter Wasser aufbewahrt, behalten, aber bei der Einwirkung der Luft bald verlieren. Vom Magnet werden sie angezogen, hinterlassen beim Verbrennen unter Luftzutritt rothes Eisenoxyd und erleiden durch Säuren dieselben Veränderungen, wie die graphitische Substanz aus dem Stabeisen (§. 210.).

In concentrirter Salpetersäure lösen sich der weiche und ungehärtete Stahl in der Siedhitze sehr schnell und unter heftiger Entwickelung von Salpetergas auf. Die Auflösung färbt sich stark braunroth, weil die beim Auflösen abfallenden Graphitblättchen in röthlich braune Kohle umgeändert und zum großen Theil von der Säure aufgelöst werden. Aus der Auflösung des weichen Stahls in concentrirter Salpetersäure läßt sich die graphitische Substanz in größerer Quantität als bei der Anwendung von starker Schwefelsäure darstellen. 100 Theile davon hinterlassen beim Kalciniren 82 bis 94 Theile Eisenoxyd. Wird, statt der concentrirten, sehr verdünnte Salpetersäure angewendet, so findet schon in der gewöhnlichen Temperatur eine, obgleich langsamere Auflösung des weichen Stahls statt und es scheiden sich keine Blättchen von dieser graphitartigen Substanz ab, sondern es bleibt blos röthlich braune, vom Magnet nicht anziehbare Kohle zurück, die noch vor dem Glühen verbrennt.

Fast eben so wie der weiche und nicht gehärtete Stahl, verhält sich auch der langsam erkaltete Gußstahl, nur daß die Auflösung sehr viel langsamer erfolgt, und daß die graphitartigen Schuppen, bei der Anwendung von Salpetersäure in der Siedehitze, fast in dem Augenblick, wie sie abfallen, schon in röthlich braune Kohle verwandelt werden. Hat der Gußstahl durch Schmieden ein dichteres Gefüge bekommen, so läßt sich die graphitische Masse durch Salpetersäure nicht mehr darstellen, weil die Umänderung in röthlich braune Kohle schon vor der Abtrennung von der aufzulösenden Stahlmasse statt findet. Die Flüssigkeit wird trübe, fast undurchsichtig und bekommt eine dunkelrothe Farbe. Auf dem Boden des Auflösungs-Gefäßes setzt sich ein braunrothes Pulver ab, welches an Menge zunimmt, so wie sich die Flüssigkeit durch Ruhe klärt. Ein großer Theil Kohle bleibt aber aufgelöst und ertheilt der Flüssigkeit eine gelblich rothe Farbe. Dieser rothe pulvrige Rückstand ist sehr leicht entzündlich, löst sich in Alkalien mit dunkler Farbe auf, färbt

auch das Filtrum und die Aussüßwasser ohne Aufhören. — In verdünnter Salzsäure löst sich der gehämmerte Gußstahl zu langsam auf, als daß sich die graphitartigen Schuppen ohne starke Beimengung von schwarzbrauner Kohle erhalten ließen.

Aller nicht gehärteter Stahl verhält sich gegen die Säuren auf ähnliche Weise. Bei einem großen Kohlegehalt des Stahls wird aber die Auflöslichkeit desselben in Säuren vermindert, und daher lassen sich die graphitartigen Schüppchen um so weniger für sich darstellen, je reicher der Stahl an Kohle, oder je härter (nicht gehärtet) er ist.

§. 212.

Der gehärtete Stahl zeigt beim Auflösen in Säuren ganz andere Erscheinungen. Nur der gehärtete, sehr weiche, d. h. wenig Kohle enthaltende, oder auch der sehr schwach gehärtete Stahl, lösen sich unter ähnlichen Erscheinungen, wie der nicht gehärtete Stahl, in Säuren auf Stahl, welcher den vollen Grad der Härte erhalten hat, löst sich in verdünnten Säuren ungemein schwer und langsam auf. In verdünnter Salzsäure bedeckt er sich nach einigen Tagen mit einem schwarzen Staube und die Auflösung schreitet höchst langsam vor. Wird der schwarze Staub mit Sorgfalt weggenommen und von den anhängenden, unaufgelöst gebliebenen Eisentheilen, durch längeres Liegen in verdünnter Salzsäure befreit, so verhält er sich wie oxydirte Kohle, ändert sich aber durch Salpetersäure in das braunrothe Pulver um.

Verdünnte Schwefelsäure bewirkt einen etwas schnelleren Angriff auf den gehärteten Stahl, unter denselben Erscheinungen wie bei der Salzsäure. In starker Salzsäure erfolgt die Auflösung bei dem Digeriren oder Sieden ganz vollständig, ohne daß etwas Kohle zurück bleibt. Starke Schwefelsäure hinterläßt aber noch immer einen Rückstand von Kohle.

Auch verdünnte Salpetersäure wirkt sehr langsam. Bei der Anwendung einer Salpetersäure von 1,3 specifischem Gewicht

färbt sich die Flüssigkeit in der gewöhnlichen Temperatur, unter sparsamer Entwickelung von Salpetergas, nach und nach braunroth, bleibt aber immer klar und helle. Vom Stahl lösen sich nach und nach schwarze Flocken mit Metallglanz ab, welche nicht magnetisch sind, aber vom Aetzkali mit dunkelschwarzer Farbe aufgelöst werden und ohne Rückstand von Eisenoxyd leicht verbrennen. Bei längerer Einwirkung der Säure verwandeln sich die schwarzen metallischen Flocken in bräunlichrothes Pulver. Alle diese Erscheinungen treten schneller und mit starker Schaumbildung ein, wenn die Wirkung der Säure durch Siedhitze unterstützt wird. Dies, von der Umwandlung der schwarzen metallischen Substanz in das röthlichbraune Pulver herrührende Aufschäumen ist so stark, daß die Flüssigkeit in einer heftig kochenden Bewegung zu seyn scheint. Ein Theil des röthlichbraunen Pulvers wird von der Säure aufgenommen, ein anderer Theil bleibt unaufgelöst zurück und verbrennt mit Verpuffen, ohne Rückstand von Eisenoxyd.

§. 213.

Das weiße Roheisen löst sich unter denselben Erscheinungen wie der gehärtete Stahl in Säuren auf, nur sind die Erscheinungen noch auffallender. Verdünnte Salzsäure und verdünnte Schwefelsäure wirken fast gar nicht mehr auf dieses Eisen, und erst nach Verlauf von mehren Wochen findet sich das weiße Roheisen mit einem schwarzen Staube bedeckt. Starke Salzsäure, von der Siedhitze unterstützt, bewirkt eine vollständige Auflösung, ohne allen Rückstand. Schwefelsäure hinterläßt, unter denselben Umständen, etwas Kohle von schwarzer Farbe und metallischem Ansehen. Salpetersäure wirkt im concentrirten Zustande nicht auf das Roheisen; mit etwas Wasser verdünnt, scheidet sie in der gewöhnlichen Temperatur schwarze Flocken ab, welche durch langes Liegen in der Säure braunroth gefärbt werden. In der Siedhitze tritt ein heftiges Aufschäumen ein, begleitet von den vorhin (§. 212.) angeführten Erscheinungen.

Mit Königswasser verhält sich das Roheisen eben so wie mit Salpetersäure.

Das durch lange anhaltendes **Glühen grau gefärbte und weich gewordene weiße Roheisen** verhält sich, bei dem Auflösen in Säuren, eben so wie der durch **Hämmern** zu einem dichteren Gefüge gebrachte harte (nicht gehärtete) **Gußstahl** (§. 211.). Das Ablösen der schwarzen und glänzenden Blättchen von graphitischem Ansehen ist kaum noch bemerkbar, weil sie sogleich in die röthlichbraune Substanz umgeändert werden.

§. 214.

Das **graue Roheisen** wird von verdünnter Salz- und Schwefelsäure nur äußerst langsam angegriffen und hinterläßt, nach Verlauf von mehren Monaten, einen Rückstand, welcher die Kohle in einem sehr verschiedenen Zustande enthält. Ein Theil besteht aus Blättchen oder Schuppen, mit vollkommen metallischem Glanz und Ansehen, welche in Säuren und Alkalien unauflöslich sind, vom Magnet nicht gezogen und nur sehr langsam in der Glühhitze verzehrt werden, wenn die Luft freien Zutritt hat, ohne irgend einen Rückstand zu hinterlassen. Diese Blättchen sind also **Graphit**, oder vielmehr **Kohlenmetall**. Ein anderer Theil hat zwar auch ein graphitisches Ansehen, ist aber dem Magnet folgsam und verhält sich genau so wie die Rückstände, welche der weiche Stahl mit Säuren giebt (§ 211.). Noch ein anderer Theil endlich hat eine schwarzbraune Farbe, ist nicht magnetisch, färbt die Kalilauge schwarz und verbrennt schon, ehe der Tiegel glühend wird. Von diesen drei Körpern fehlt der Graphit **niemals**, dagegen läßt sich gewöhnlich nur die eine oder die andere von den beiden letzteren Verbindungen in den Rückständen auffinden.

Concentrirte Salzsäure bewirkt eine schnellere Auflösung, welche durch Beihülfe der Wärme noch mehr befördert wird. Das sich entwickelnde Wasserstoffgas reißt dabei mechanisch Graphit

mit sich fort. Der Rückstand enthält die Kohle in keinem anderen Zustande als in dem des Graphit, abeer niemals kann das graue Roheisen ohne diesen Rückstand in Salzsäure aufgelöst werden. Starke Schwefelsäure, unter denselben Umständen zur Auflösung angewendet, läßt, außer dem Graphit, auch noch schwarze, leicht verbrennliche und dem Magnet nicht folgsame (oxydirte) Kohle zurück.

Salpetersäure von 1,3 specifischem Gewicht wirkt, in der gewöhnlichen Temperatur, nicht stark auf das graue Roheisen. Es bieten sich dabei Erscheinungen dar, die bald mit denen überein zu stimmen scheinen, welche der weiche Stahl darbot, bald mit denen, welche sich beim Auflösen des harten Stahls zeigten. Jene treten ein bei den am dunkelsten gefärbten und bei den weichsten und geschmeidigsten Arten des grauen Roheisens; diese bei den lichteren und härteren, weniger geschmeidigen Arten, besonders aber bei dem halbirten Roheisen. — Die Einwirkung der Säure findet scheinbar nicht ununterbrochen statt, sondern die Auflösung scheint von Zeit zu Zeit ganz aufzuhören, stellt sich dann aber, bei der Ablösung eines Graphitblättchens, mit sehr großer Heftigkeit wieder ein. Eben diese Erscheinung zeigt sich auch in einer, bis zum Siedepunkt erhöheten Temperatur, und jedesmal ist das heftige Fortschreiten der Auflösung, welches indeß nur mehre Sekunden fortdauert, mit der Abtrennung eines Graphitblättchens verbunden, so daß der Graphit ganz deutlich als ein mechanisches Hinderniß wirkt, indem er das Eisen gegen den Angriff der Säure schützt. Die Färbung der Säure beweist aber, daß ein Theil von dem Kohlegehalt des Eisens mit aufgelöst worden ist. Der Rückstand besteht fast niemals aus reinem Graphit, sondern aus Graphit mit mehr oder weniger zu einem braunen Pulver veränderter Kohle. — Das Königswasser weicht in seinem Verhalten zum grauen Roheisen von dem der Salpetersäure nicht ab.

§. 215.

Die kohligen Substanzen, welche bei der Auflösung des Kohle haltenden Eisens in Säuren als Produkte des Auflösungs-Prozesses erscheinen, sind also von sehr verschiedener Art. Sie richten sich nach der Beschaffenheit des Eisens. Reines **Kohlenmetall** (Graphit) wird nur aus dem grauen Roheisen **ausgeschieden**. Die Erscheinungen, mit welchen diese Abtrennungen verbunden sind, lassen nicht daran zweifeln, daß das **Kohlenmetall** gar nicht chemisch mit dem Eisen verbunden war, **sondern** daß es sich im ungebundenen Zustande in dem Roheisen befand.

Aber die graphitartige Masse, welche sich aus dem weichen (nicht gehärteten) Stahl, aus dem weichen (nicht abgelöschten) Stabeisen, aus den weichen Abarten des grauen Roheisens, so wie aus dem, durch anhaltendes Glühen grau und weich gewordenen weißen Roheisen abscheidet, und welche durch die Einwirkung der Säuren so leicht zersetzt wird, ist nicht reines Kohlenmetall, auch nicht oxydirte Kohle, wie der schwarzbraune Rückstand, den der gehärtete Stahl und das weiße Roheisen mit Salz- und Schwefelsäure hinterlassen, auch nicht übereinstimmend mit der noch stärker veränderten Kohle, nämlich mit dem röthlich braunen Pulver, in welches die oxydirte Kohle durch Salpetersäure umgeändert wird; sondern sie ist eine wirkliche Verbindung des Eisens mit Kohle, deren Zusammensetzung schwer zu bestimmen ist. Sie mag vorläufig Polycarburet des Eisens genannt werden, bis ihre Zusammensetzung einmal ausgemittelt seyn wird. Das Polycarburet hinterläßt 82 bis 94 Procent Eisenoxyd kein Verbrennen. Aus der Art, wie das Polycarburet des Eisens nur erhalten werden kann, ergiebt sich schon, daß es ein reiner Zufall seyn würde, wenn die hier angedeutete Zusammensetzung die richtige wäre. Auch ist es kaum zu hoffen, daß man über die quantitativen Verhältnisse der Kohle mit dem Eisen in diesem Carburet, auf diesem Wege jemals

einen Aufschluß erhalten wird, weil man den Zeitpunkt nicht angeben kann, wo es sich rein absondert und wo man mit der Einwirkung der Säure auf dies Carburet aufhören muß.

Ungleich wichtiger ist es, sich über die Bildung dieses Carburetes selbst einen Aufschluß zu verschaffen. Eben so wie die Kohle sich als Graphit vollständig isolirt, scheint ein anderer Antheil der Kohle im Eisen diese Ausscheidung erst zu beginnen, aber es bleibt noch eine beträchtliche Menge Eisen mit ihr in Verbindung (§. 162.), so daß sich in der Bildung dieses Polycarburets nur das erste Streben der Kohle zur Absonderung von dem Eisen, bei anhaltendem Glühen und dem darauf folgenden langsamen Erkalten, oder auch bei langsamem Erstarren nach erfolgter Schmelzung, erkennen läßt. So wie das graue Roheisen ein Gemenge von Graphit mit Eisen ist, welches nur wenig Kohle in chemischer Verbindung zurück behalten hat; eben so würden das geglühete weiße und langsam erkaltete Roheisen und der geglühete, langsam erkaltete Stahl ein Gemenge von Eisen mit einem größeren Kohlegehalt (das Polycarburet) und von Eisen mit einem sehr geringen, fast verschwindenden Kohlegehalt seyn. Nur das weiße Roheisen und das nach dem Glühen plötzlich zur Erkaltung gebrachte Stabeisen und Stahl, würden den ganzen Gehalt an Kohle in gleichartiger chemischer Verbindung durch die ganze Masse enthalten.

Hr. Berthier, welcher später ein solches Polycarburet ebenfalls aufgefunden hat (Annales des mines, 3me Serie II.), giebt dessen Zusammensetzung zu 81,7 Eisen und 18,3 Kohle an, und glaubt dasselbe rein erhalten zu haben, welches jedoch leicht eine Täuschung seyn dürfte.

Es bestätigt sich also durch die Erscheinungen bei dem Auflösen in Säuren, die große Uebereinstimmung des Verbindungszustandes der Kohle mit dem Eisen in dem gehärteten Stahl und in dem weißen Roheisen, so wie in dem, durch anhaltendes Glühen weich und grau gewordenem weißen Roheisen, und

in Oxydulsalze umgeändert, wobei sich Schwefel mit weißer Farbe niederschlägt.

§. 218.

Der verschiedene Oxydationszustand, worin sich das in den Säuren aufgelöste Eisen befinden kann, macht die genaue Bestimmung der in einer Eisenauflösung befindlichen Quantität Eisen schwierig. Um diese Bestimmung genau zu erhalten, muß das Eisen immer zur höchsten Oxydationsstufe gebracht, und dann niedergeschlagen werden, indem sowohl die ätzenden Alkalien, als auch die kohlensauren, — die letzteren jedoch nur bei gehöriger Verdünnung der Auflösung, — das Eisenoxyd ganz vollständig niederschlagen, so daß sich aus dem Gewicht des erhaltenen Eisenoxydes, das des regulinischen Eisens, oder des Eisenoxyduls, oder des Oxydul-Oxyds berechnen läßt.

§. 219.

Die Kohlensäure greift weder das regulinische, noch das oxydirte Eisen unmittelbar an, wohl aber, wenn sie mit Wasser verbunden ist. Das kohlensaure Eisenoxydul ist in sehr vielem Wasser auflöslich, und kann durch freie Kohlensäure in der gewöhnlichen Temperatur auch lange aufgelöst bleiben. Die Auflösbarkeit wird nicht bloß durch freie Kohlensäure, sondern auch durch kohlensaure alkalische Salze vermehrt und befestigt. Nach und nach scheidet sich aus der Flüssigkeit, in welcher sich das kohlensaure Eisenoxydul aufgelöst befindet, ein gelblichbrauner Niederschlag ab, welcher aus basischem kohlensaurem Eisenoxydul-Oxyd besteht. Er erscheint zuerst auf der Oberfläche der Flüssigkeit als eine buntgefärbte, und mit allen Farben des Regenbogens spielende Haut, die immer stärker wird, so wie der Prozeß vorschreitet. Das ganz reine kohlensaure Eisenoxydul hat eine weiße Farbe, die sich aber schon bei dem schnellsten Trocknen des Niederschlags gelblich färbt, weshalb sich diese Verbindung künstlich nicht rein darstellen läßt, obgleich sie in der Natur als Spatheisenstein vorhanden ist, und aus 38,53 Kohle-

säure und 61,47 Oxydul besteht. Eine darstellbare Verbindung des kohlensauren Eisenoxyduls mit Wasser ist nicht bekannt. — Das kohlensaure Eisenoxyd ist weder in der Natur vorhanden, noch künstlich darzustellen, indem alle Niederschläge aus den sauren Eisenauflösungen mit kohlensauren Alkalien, welche sich noch mit Aufbrausen in Säuren auflösen und Kohlensäure enthalten, nicht frei von Oxydul sind und daher als Doppelsalze von Kohlensäure mit Oxydul-Oxyd, gemengt mit Eisenoxyd-Hydrat betrachtet werden.

Wenn man die Auflösungen des Eisenoxyds in irgend einer Säure, und die des kohlensauren Alkali, durch welche das Eisen niedergeschlagen werden soll, beide in sehr concentrirtem Zustande anwendet, so löst sich der entstehende Niederschlag sogleich wieder auf, und man erhält eine klare braungelbe Flüssigkeit, welche, wie Hr. Döbereiner gezeigt hat, krystallisirungsfähig ist. Man kannte diese Flüssigkeit früher unter dem Namen von Stahls Eisentinctur, woraus sich mit der Zeit (statt der vom Hrn. Döbereiner erhaltenen regelmäßigen Krystalle) Vegetationen absondern, welche unter dem Namen Eisenbaum (Arborescentia martis) bekannt sind. Die Flüssigkeit und die daraus erhaltenen Krystalle und Vegetationen sind eine vierfache Verbindung von Eisenoxyd, Alkali, Kohlensäure, und von der zur Auflösung des Eisens angewendeten Säure. Bei gehöriger Verdünnung der Flüssigkeiten erfolgt keine Auflösung, sondern das Oxyd fällt ganz vollkommen und basisch nieder. Es ist merkwürdig, daß das Wasser die Trennung befördert.

Rinman a. a. O. II. 360—363. 442. — Döbereiner, über Verbind. d. kohlensauren Eisenoxyds mit kohlensauren Alkalien, in Schweigger's neuem Journal für Chemie und Physik. IX. 1—8.

§. 220.

Völlig concentrirte Schwefelsäure greift das regulini-

sche Eisen in der gewöhnlichen Temperatur nicht an; nicht völlig concentrirte aber nur nach Maaßgabe ihres Wassergehalts, den sie in offenen Gefäßen sehr schnell aus der Atmosphäre ersetzt. In der Siedehitze fängt das Eisen aber schon an, auf die Säure zu wirken und dieselbe in schweflige Säure und in Sauerstoff zu zerlegen. Monnet will sogar bemerkt haben, daß sich bei dem Destilliren der concentrirten Säure mit Eisen wieder hergestellter Schwefel sublimire. — Das Eisenoxydul und das Oxyd lösen sich in der concentrirten Säure nur in der Siedehitze, das Oxydul etwas schneller und leichter auf, als das Oxyd.

Verdünnte Schwefelsäure wirkt, besonders in der Siedehitze, mit großer Heftigkeit auf das Eisen, wobei sich Wasserstoffgas entwickelt; auch das Oxydul wird von der verdünnten Säure ziemlich leicht, das Oxyd aber höchst schwer und nur durch anhaltendes Sieden, wegen der dadurch bewirkten größern Concentration der Säure aufgelöst. Hr. Jones hat vorgeschlagen, die starke Einwirkung der Schwefelsäure auf gehärteten Stahl zu benutzen, um gehärtete Stahlplatten zu durchbohren, oder auch nach bestimmten Richtungen zu zertheilen. Die Platte wird zu diesem Zweck mit einem Ueberzug von Wachs versehen, in dem Wachsüberzuge werden die Punkte, Linien u. s. f. eingegraben, nach deren Richtung die Platte getheilt oder durchbrochen werden soll. Uebergießt man den Wachsüberzug mit verdünnter Schwefelsäure (1 concentrirte Säure mit 6 Wasser), so hat die Säure schon nach Verlauf einer halben Stunde so stark eingewirkt, daß sich die Platte nach den durch die Linien vorgezeichneten Richtungen zerbrechen läßt.

Das schwefelsaure Oxydul sowohl, als das schwefelsaure Oxyd, bilden im wasserfreien Zustande ganz weiße Salze. Wenn zu einer Auflösung dieser Salze im Wasser concentrirte Schwefelsäure gegossen wird, so schlägt sich das Oxydulsalz als ein körniges, das Oxydsalz aber als ein nadelförmiges Salz nieder. Beide Salze sind alsdann im höchsten Grade schwerauflöslich im

Wasser, vorzüglich das sonst so leicht auflösliche Oxydsalz. In verdünnter Schwefelsäure erfolgt die Auflösung der Salze schneller als in reinem Wasser. Dies sonderbare Verhalten hat Veranlassung gegeben, das weiße Oxydsalz für ein eigenthümliches schwefelsaures Eisenoxyd zu halten, dessen Mischungsverhältniß noch unbekannt sei. Bei näherer Untersuchung wird sich indeß ergeben, daß dies weiße Oxydsalz vollkommen neutrales (nicht basisches) schwefelsaures Eisenoxyd, ohne Wasser, ist.

Die Schwerauflöslichkeit des schwefelsauren wasserfreien Eisenoxyduls in Wasser ist ein großes Hinderniß bei der Auflösung des Eisens in Schwefelsäure, weil das entstehende Eisensalz sehr begierig das Wasser der Schwefelsäure anzieht, wodurch diese so concentrirt wird, daß die Auflösung stille steht. Man ist daher genöthigt, der Auflösung in dem Maaße, wie sie fortschreitet, Wasser zuzusetzen, wodurch das Volumen sehr vermehrt und die Auflösung wegen der starken Verdünnung sehr verzögert wird.

Monnet traité de la vitriolisation et alumination 1769. — Bucholz, über das Verhalten der Schwefelsäure zum vollkommenen Eisenoxyde, in Gehlen's Journ. für Chemie und Physik. III. 721. u. f. — Jones, im Bulletin de la Soc. d'Encouragement pour l'industrie nationale. Novbr. 1837. p. 456.

§. 221.

Das neutrale schwefelsaure Eisenoxydul oder der sogenannte grüne Vitriol oder Eisenvitriol besteht im krystallisirten Zustande aus 25,43 Oxydul, 29,01 Säure und 45,46 Wasser. Weil sich im Oxydul 19,9 regulinisches Eisen, und in der Säure 11,56 Schwefel befinden, so ist das Verhältniß des Eisens zum Schwefel in dem schwefelsauren Eisenoxydul genau so wie in dem künstlichen Magnetkies, welcher aus 63 Eisen und 37 Schwefel besteht. Deshalb wird auch der Schwefelkies, oder das Schwefeleisen im Maximo, aus welchem durch Destillation zuerst

der Schwefel gewonnen, und welches dadurch zum Magnetkies geworden ist, zur Eisenvitriol-Fabrikation im Großen angewendet. Das reine schwefelsaure Eisenoxydul hat eine dunkelgrünlich blaue Farbe, und überzieht sich an der Luft bald mit einem gelben Pulver (basischem Oxyd). Bei der Auflösung des Vitriols geht diese Veränderung an freier Luft noch schneller vor sich, am schnellsten aber, wenn die Vitriolauflösung mit Salpetersäure erhitzt wird. Ueberschüssige Säure verzögert diese Veränderung, weshalb nach Hrn. v. Bonsdorf (Poggendorff's Ann. XXXI. 81.) aus der Auflösung, wenn sie vor dem Krystallisiren sauer gemacht wird, ganz reines schwefelsaures Oxydul, welches von allem Oxydsalz frei ist, erhalten werden kann. Das Doppelsalz aus neutralem schwefelsaurem Oxydul und neutralem schwefelsaurem Oxyd, welches aus nicht angesäuerten Auflösungen erhalten wird, schießt zu smaragdgrünen Rhomben an, deren grüne Farbe durch die bläuliche des Oxydulsalzes, und durch die gelbe des Oxydsalzes hervorgebracht zu seyn scheint. Es sondert sich dabei dann zugleich ein basisches Salz ab. In der Hitze schmilzt der Vitriol, verliert nach und nach sein Krystallwasser, und bei größerer Hitze geht zuerst schwefligtsaures Gas fort, wobei basisches schwefelsaures Eisenoxyd zurückbleibt, welches in noch stärkerer Hitze die Säure ebenfalls als schwefligtsaures Gas entläßt, und ein reines rothes Eisenoxyd (Colcothar, Englisch Roth) zurückläßt. Aus diesem Verhalten des grünen Vitriols geht hervor, warum er zur Vitriolölbereitung ganz ungeschickt ist, und warum er nur dann dazu angewendet werden kann, wenn er vorher kalcinirt, d. h. nicht allein seines Krystallwassers beraubt, sondern auch durch Aufnahme von Sauerstoff aus der Atmosphäre (und nicht auf Unkosten der Säure) in Oxydsalz umgeändert ist. Dies Oxydsalz, oder das schwefelsaure Eisenoxyd ist als eine braune Flüssigkeit unter dem Namen der vitriolischen Mutterlauge bekannt, welche indeß noch sehr viel Oxydulsalz enthält. Das

Oxydsalz ist gelblich roth, im Wasser und im Alkohol leicht auflöslich, zerfließt daher nach dem Abdampfen leicht an der Luft, und besteht im trockenen Zustande aus 60,58 Säure und 39,42 Oxyd. In der Hitze entläßt es die Säure, welche als flüssige Schwefelsäure in die Vorlagen übergeht, wenn das Salz noch etwas Wasser enthält, wie dies bei dem gewöhnlichen, bis zur Trockniß abgedampften Oxydsalze der Fall ist. Enthält das Salz aber kein Wasser, so muß die Säure bei starker Glühhitze als schwefligtsaures Gas und Sauerstoffgas entweichen, oder sie geht auch als wasserfreie Säure (Eisöl) über.

Das basische schwefelsaure Eisenoxyd hat eine gelbe Farbe, welche es bei der Erhitzung durch den Verlust des Wassers in eine rothe umändert. Es besteht im Zustande des Hydrats aus 21,7 Wasser, 62,4 Oxyd und 15,9 Säure, und wenn es alles Wasser verloren hat, aus 79,61 Oxyd und 20,39 Säure, welche in der Glühhitze als schwefligte Säure und als Sauerstoffgas entweicht. Das Salz wird auf den Vitriolhütten gewöhnlich zur Bereitung der rothen und braunen Farben angewendet.

§. 222.

Die schwefligte Säure greift das Eisen, nach Berthollet, mit großer Hitzentwickelung an, ohne daß sich Wasserstoffgas entbindet, indem sich das Metall auf Unkosten der Säure oxydirt, und einen verhältnißmäßigen Antheil in Schwefel umändert, so daß man durch unmittelbares Auflösen des metallischen Eisens kein reines, sondern ein mit Schwefel verbundenes schwefligtsaures Eisen erhält. Bei dem Zusatz von Schwefel oder Salzsäure entweicht die schwefligte Säure mit Aufbrausen, und es schlägt sich Schwefel nieder. Der Luft ausgesetzt, fällt aus der Auflösung ein röthliches Pulver nieder. — Vauquelin bediente sich der schwefligten Säure, um bei der Analyse des Stahls die Quantität Kohle zu bestimmen, weil sich bei der Auflösung kein Wasserstoffgas entwickelt, folglich keine Kohle verloren geht. Dies Verfahren ist indeß nicht anwendbar, theils

weil die Auflösung so wenig beständig ist und die Kohle daher wieder mit Eisenoxyd verunreinigt wird, theils weil sich zugleich Schwefel niederschlägt, welcher sich von der Kohle nicht gut trennen läßt.

Berthollet, in den Ann. de Chimie, II. 58. — Fourcroy, système de Chimie, VI. 200. — Vauquelin, Zerlegung von vier Proben Stahl. Journ. des mines, Nr. XXV. 1. etc.

§. 223.

Sehr concentrirte Salpetersäure wirkt nicht auf das regulinische Eisen; bei mittlerer Stärke der Säure ist die Wirkung aber äußerst heftig, und es entwickeln sich Ströme von Gas, welche theils aus oxydirtem Stickgas, theils aus Salpetergas bestehen. Je stärker die Säure verdünnt war, desto mehr oxydirtes Stickgas, und desto weniger Salpetergas wird entwickelt. Nach Bucholz und Davy läßt sich bei Anwendung einer stark verdünnten Salpetersäure, und bei Vermeidung aller Erhitzung, eine Verbindung von Eisenoxydul mit Salpetersäure darstellen; die Auflösung hat wegen des aufgelösten Salpetergases eine dunkelolivenbraune Farbe, und wird an der Luft blaß, weil sich das Salpetergas in Salpetersäure umändert. — Bei der Anwendung von Wärme oder von stärkerer Säure oxydirt sich das Eisen sogleich zum Maximum; es fällt ein gelbliches Pulver (basisches salpetersaures Eisenoxyd) nieder, und die Auflösung enthält salpetersaures Eisenoxyd, welches braun und unkrystallisirbar ist, beim Verdampfen basisches Salz fallen läßt, und zuweilen beim Concentriren auch gallertartig wird. Bei starker Hitze entweicht die Säure gänzlich und läßt rothes Oxyd zurück. Nach Vauquelin soll man das salpetersaure Oxyd in kleinen farbenlosen vierseitigen Säulen krystallisirt erhalten, wenn man concentrirte Salpetersäure einige Monate lang über Eisenoxydul stehen läßt. Die Krystalle haben einen scharfen Geschmack, sind sehr zerfließend, und lösen sich mit rother Farbe im Wasser auf.

Das Oxydul ist in Salpetersäure höchst schwerauflöslich, und erfordert ein lange anhaltendes Sieden mit 32 Theilen Säure. Auch das Eisenoxyd ist in Salpetersäure nur sehr schwer aufzulösen. Es werden dazu starke Säure und Anwendung von Hitze erfordert. Die Auflösbarkeit nimmt nach Bucholz mit der abnehmenden Stärke der Säure und der Temperatur ab; auch löst ausgeglühetes Oxyd sich ungleich schwerer in Salpetersäure auf, als ungeglühetes, weshalb Bucholz vorschlägt, sich der verdünnten Salpetersäure zu bedienen, um solche Substanzen, die darin auflöslich sind, von dem Eisenoxyd abzuscheiden.

Bucholz, Versuche zur näheren Prüfung des Verhaltens des Eisens und seiner Oxyde zur Salpetersäure; in Gehlen's Journ. für Chemie und Physik. III. 715 u. f.

§. 224.

Die Salzsäure löst nicht allein das regulinische Eisen mit einiger Heftigkeit und unter Entwickelung von Wasserstoffgas auf, sondern sie verbindet sich auch leicht mit dem Oxydul, und in gehöriger Menge und in starker Hitze auch mit dem Oxyd, und macht mit beiden neutrale Salze. Das frisch gefällte Eisenoxyd ist in Salzsäure äußerst leicht auflöslich; wenn es aber geglüht war, so erfolgt die Auflösung in der gewöhnlichen Temperatur sehr langsam. Das salzsaure Eisenoxydul wird durch Auflösen des Eisens in gewöhnlicher Temperatur und ohne Luftzutritt erhalten. Die Auflösung ist hellgrün, und giebt bei dem Verdunsten und Abkühlen schöne smaragdgrüne Tafeln, welche im Wasser und Weingeist auflöslich sind. Sie verschluckt das Salpetergas, und bekommt dadurch eine dunkelbraune Farbe und einen zusammenziehenderen Geschmack. Bei dem Erhitzen geht der größte Theil des Gases fort, wobei sich rothes basisches salzsaures Eisenoxyd niederschlägt, und etwas Ammoniack entwickelt. Von salzsaurem Eisenoxyd völlig rein, erhält man dies Salz nach Davy, wenn man Schwefeleisen (im Minimo) in

Salzsäure auflöst, indem das sich entwickelnde hepatische Gas die Absorbtion des Sauerstoffs aus der Luft verhindert. Nicht allein durch Kochen mit Salpetersäure, sondern auch durch langes Stehen an der Luft, geht die Auflösung in einen oxydirteren Zustand über, und wird im ersten Fall zu salzsaurem Eisenoxyd und im letzten Fall zu einem salzsauren Oxydul-Oxydsalze, wobei ein brauner Niederschlag von basischem salzsaurem Eisenoxyd entsteht. Das salzsaure Oxyd ist dunkelbraun, unkrystallisirbar, und liefert, bis zur Trockniß abgedampft, eine zerfließliche, im Alkohol auflösliche, braunrothe Masse (Oleum martis), welche das Salpetergas nicht absorbirt und auf thierische und vegetabilische Substanzen wie Chlorine wirkt, und durch hepatisches Gas wieder zu salzsaurem Oxydul umgeändert wird. Das Salz ist äußerst auflöslich im Wasser; bei stärkerer Verdünnung wird es aber zersetzt, und es scheidet sich basisches Salz aus, welches zum Theil im Wasser auflöslich ist. In gelinder Hitze entwickelt sich Salzsäure, und es bleibt ein basisches Oxydsalz zurück. Wird das eingetrocknete Salz einer stärkeren Hitze ausgesetzt, so sublimirt es sich völlig als ein krystallinisches Salz (Rinman a. a. O. II. 448.), welches Chloreisen im Maximo ist und ein stark glänzendes krystallinisches Sublimat bildet. Diese Verbindung läßt sich auch darstellen, wenn Eisen in Chlorgas erhitzt wird, worin dasselbe verbrennt und dabei krystallinische Blättchen bildet, welche einen, dem metallischen sehr nahe kommenden Glanz besitzen, auch opalisiren, wie das Eisenerz von Elba. Diese Verbindung des metallischen Eisens mit Chlor verflüchtigt sich schon bei mäßiger Wärme, füllt das Gefäß mit schönen kleinen Krystallen von außerordentlichem Glanz, und krystallisirt in glänzenden Platten. Mit Wasser entsteht sogleich wieder salzsaures Eisenoxyd. — Auf das Eisenoxyd wirkt das Chlor auch bei starker Rothglühhitze nicht, während das Oxydul in einer viel geringeren Temperatur zersetzt, und theils in rothes Oxyd, theils in Chloreisen verwandelt wird,

welches als ein Sublimat aufsteigt. — Die Verbindungen des Chloreisens, sowohl im Maximo als im Minimo, lassen sich leicht darstellen, wenn trocknes Chlor über erhitztes regulinisches Eisen geleitet wird, indem beide Verbindungen in erhöheter Temperatur flüchtig sind.

H. Davy, über einige Verbindungen der oxydirten Salzsäure, in Schweigger's N. Journ. f. Chemie und Physik. III. 233. 235. 237. — H. Davy, über die Verbind. der Chlorine mit Sauerstoff. Ebendas. 262. — J. Davy, über die Verbind. d. Chlorine mit den Metallen, in den Phil. Trans. f. 1812. — d'Ayen's Vers. in Kastner's Beitr. I. 175.

§. 225.

Königswasser ist das beste Auflösungsmittel für das Eisen, weil es sowohl das regulinische als auch das oxydirte Eisen leicht auflöst. Es entwickeln sich bei der Auflösung Wasserstoffgas, oxydirtes Stickgas und Salpetergas, und die Auflösung enthält salzsaures Eisenoxyd, wenn die Salpetersäure durch Digeriren verflüchtigt wird.

§. 226.

Das phosphorsaure Eisenoxydul bildet einen weißen, pulverartigen Niederschlag, welcher mit der Zeit an der Luft blau wird und sich dabei, nach der gewöhnlichen, jedoch durch Versuche noch keineswegs erwiesenen Annahme, in basisches phosphorsaures Eisenoxyd und in phosphorsaures Oxydul-Oxyd umändert. In diesem Zustande wird es häufig in der Natur angetroffen. Es ist wohl möglich, daß die blaue und die weiße Farbe nur durch das Verhältniß des Wassers veranlaßt werden. Das phosphorsaure Oxydul ist im Wasser unauflöslich, löst sich aber leicht in Säuren, auch in Essigsäure auf, woraus es theils durch starke Verdünnung der Auflösung mit Wasser, theils durch vorsichtiges Sättigen oder Abstumpfen der Säure mit einem Alkali, niedergeschlagen werden kann. Darauf beruhet die Vorschrift, den Phosphorsäuregehalt eines

Eisenerzes, oder einer Auflösung des Eisens in Schwefelsäure, auszumitteln, indem man die schwefelsaure Auflösung mit vielem Wasser verdünnt, die Säure etwas mit einem Alkali abstumpft und die Flüssigkeit ruhig hinstellt. Enthalten das Erz oder das Eisen Phosphorsäure oder Phosphor, so setzt sich am Boden des Gefäßes nach und nach ein weißer Niederschlag, welcher mit der Zeit eine blaue Farbe bekommt. Geringe Quantitäten Phosphorsäure werden indeß auf diese Art nicht gefunden, und zur quantitativen Bestimmung ist das Verfahren ganz unanwendbar. Das phosphorsaure Eisenoxyd bildet, wenn es aus den Eisenoxydsalzen durch phosphorsaures Alkali niedergeschlagen wird, ebenfalls ein weißes Pulver, welches sich aber an der Luft nicht verändert, sondern sich nur durch Glühen braun färbt, indem es einen Theil seines Wassergehaltes verliert. Das phosphorsaure Eisenoxyd löst sich in den Mineralsäuren sehr leicht auf und läßt sich daraus durch Alkalien wieder niederschlagen. In Wasser und in Essigsäure ist es ganz unauflöslich. Durch ätzende feuerbeständige Alkalien wird es in basisches phosphorsaures Eisenoxyd verwandelt, welches das Ansehen des Eisenoxyds besitzt und sich ebenfalls in Mineralsäuren, aber nicht in Essigsäure auflöst. Aus einer Phosphorsäure und Eisenoxyd enthaltenden sauren Auflösung, in welcher das Verhältniß beider Körper von der Art ist, daß sich ein basisches Oxydsalz bilden kann, schlagen die Alkalien dieses nieder, ohne daß eine Spur von Phosphorsäure in der Flüssigkeit zurückbleibt. Selbst wenn die Auflösung Kalkerde enthält und wenn man zum Niederschlagen Aetzammoniack anwendet, schlägt sich alle Phosphorsäure in Verbindung mit dem Eisenoxyd nieder und die Kalkerde bleibt in der Auflösung zurück. Dagegen fällt die Kalkerde in Verbindung mit Phosphorsäure nieder, wenn sich das Eisen nur im oxydulirten, und nicht im oxydirten Zustande in der Auflösung befand.

§. 227.

Die Essigsäure greift das regulinische Eisen lebhaft, und das (nicht geglühete) Eisenoxyd ziemlich leicht an; das Oxydul wird aber nur sehr schwer und durch lange anhaltendes Kochen aufgenommen. Nach Davy ist das Oxydulsalz nur durch Auflösung von Schwefeleisen (im Minimo) in Essigsäure rein zu erhalten, weil es zur stärkeren Oxydation außerordentlich geneigt ist, und dabei basisches essigsaures Eisenoxydhydrat absetzt. Die Auflösung soll durch vorsichtiges Verdampfen zu kleinen grünen Prismen anschießen. Die gewöhnliche Auflösung des Eisens in Essig ist ein dreifaches Salz. Das essigsaure Eisenoxyd macht sich in allen Auflösungen, worin es vorkommt, durch seine schöne rothe Farbe bemerkbar Durch vorsichtiges Abdampfen erhält man aus der Auflösung röthlichbraune, leicht zerfließende Krystalle, gewöhnlich aber nur eine gallertartige Salzmasse. Beide Salze entbinden schon vor dem Glühen ihre Säure. Die Bereitung des essigsauren Eisenoxyds im Großen für die Färbereien geschieht unmittelbar aus Eisen und Essigsäure, zuweilen auch wohl aus essigsaurem Blei und Eisenvitriol. Statt der Essigsäure oder des sauer gewordenen Biers und anderer saurer Pflanzensäfte bedient man sich mit Erfolg der Holzsäure, welche bei dem Verkohlen des Holzes gewonnen wird.

Sur la préparation de l'Acétite de fer (ou liqueur de fer) employée comme mordant dans la teinture et dans les fabriques de toile peinte, in den Annales des Arts, XI. 237—244.

§. 228.

Aus der Auflösung in Weinsteinsäure wird das oxydirte Eisen durch Alkalien nur sehr unvollkommen und bei hinreichender Menge von Säure, um ein Doppelsalz mit dem Alkali bilden zu können, gar nicht niedergeschlagen, so daß es nur durch Hydrothionsäure, Blausäure und Gallussäure noch gefällt oder entdeckt werden kann. Diese Eigenschaft des oxydirten

Eisens giebt ein vortreffliches Mittel, es von einigen anderen Substanzen zu trennen, die zwar auch unter ähnlichen Umständen durch Alkalien nicht niedergeschlagen werden, deren Auflösungen aber auch durch den Zusatz von Schwefelalkalien nicht verändert werden.

Das durch Zersetzung neutraler Salze erhaltene benzoesaure Eisenoxydul ist sehr schwerauflöslich; es hat eine lichte grünlichgelbe Farbe, welche nach und nach dunker wird. Das benzoesaure Eisenoxyd ist blaßroth und in der gewöhnlichen Temperatur im Wasser nicht auflöslich, obgleich es durch siedendes Wasser in ein auflösliches saures, und in ein unauflösliches basisches Salz zerlegt wird. Deshalb darf der Niederschlag von benzoesaurem Eisenoxyd durch siedendes Wasser nicht ausgesüßt werden. Das Oxydulsalz und das Oxydsalz lösen sich in allen Säuren sehr leicht auf, weshalb die durch benzoesaure Alkalien zu zersetzenden Eisen-Auflösungen, das Eisen im Zustande des Oxyds enthalten und vollkommen gesättigt seyn müssen. Das Verhalten der bernsteinsauren Verbindungen ist mit dem der benzoesauren ganz übereinstimmend. Das bernsteinsaure Eisenoxyd wird auch schon in der Siedehitze des Wassers zerlegt, weshalb bei der Anwendung bernsteinsaurer Neutralsalze zum Niederschlagen des bernsteinsauren Eisenoxyds, nicht allein das Aufkochen der Flüssigkeit vermieden, sondern auch der Niederschlag nur mit kaltem Wasser ausgesüßt werden muß. Das in Ueberschuß von Säure aufgelöste bernsteinsaure Eisenoxydul ist weingelb, und wird nach und nach an der Luft dunkler, wobei sich ein dunkelrother Niederschlag absondert, welcher theils basisches, theils neutrales bernsteinsaures Eisenoxyd ist. Das reine bernsteinsaure Oxyd bildet einen stark aufgequollenen braunrothen Niederschlag, der sich besser wie das beozoesaure Eisenoxyd, durch langsames Glühen unter Luftzutritt vollständig in rothes Eisenoxyd umändern läßt.

§. 229.

Das Schwefelwasserstoffgas schlägt das in Säuren aufgelöste Eisen aus der Auflösung nicht nieder, wenn es sich im Zustande des Oxyduls aufgelöst befindet. Das Oxyd wird aber durch jene Säure in Oxydul umgeändert, und die Eisenoxydsalze werden dadurch zu Oxydulsalzen, ohne daß das Eisen niedergeschlagen wird, weshalb man sich dieses Gases sehr gut bedienen kann, um Eisen von manchen Metallen zu trennen. Dagegen wird das Eisen aus seinen Auflösungen in Säuren, durch die Verbindungen des Schwefelwasserstoffs mit den Basen der Alkalien und Erden (Hydrosulfuren), sogleich mit schwarzer Farbe niedergeschlagen, weil die Säure, welche das Eisen aufgelöst hielt, durch die alkalische oder erdige Grundlage der Schwefelleber gebunden wird. Der schwarze Niederschlag ist lange Zeit für Wasserstoff-Schwefeleisen, nämlich für eine Verbindung des Wasserstoffschwefels mit Eisenoxydul gehalten worden; allein es ist jetzt nicht mehr zu bezweifeln, daß dieser Niederschlag ebenfalls Schwefeleisen auf verschiedenen Stufen der Sättigung des Eisens mit Schwefel ist. Dieser schwarze Niederschlag wird mit der Zeit an der Luft gelb, indem sich das Schwefeleisen zersetzt und der zugleich mit niedergefallene Schwefel, oder derjenige Antheil Schwefel, welcher an dieser Zersetzung keinen Theil nimmt, mit seiner gelben Farbe zum Vorschein kommt.

Berthollet, über das Verhalten der Metalle zum geschwefelten Wasserstoffgas, in Scherer's Journ. d. Chemie, I. 367—403.
Vauquelin, wie Schwefelwasserstoff auf Eisen wirkt; in Gilbert's Ann. der Physik. IX. 40—44.

§. 230.

Wenn ein Eisenoxydulsalz durch das gewöhnliche gelbe Blutlaugensalz (Kaliumeisencyanür) niedergeschlagen wird, so entsteht ein weißer Niederschlag. Er enthält, wie schon Proust gezeigt hat, noch Kali, und ist daher kein blausaures Eisen-

oxydul. Er wird mit der Zeit an der Luft blau und scheint ein basisches Salz zu seyn. Von dem Berlinerblau unterscheidet sich diese Verbindung wesentlich durch ihre Auflöslichkeit im Wasser, wodurch sie für die Miniaturmaler anwendbar wird. — Wird dagegen ein Eisenoxydsalz durch Blutlaugensalz gefällt, so ist der Niederschlag Pariserblau oder Berlinerblau, nämlich eine aus neutralem blausaurem Eisenoxyd und neutralem blausaurem Eisenoxydul proportional zusammengesetzte Verbindung, in welcher das Eisenoxyd zweimal so viel Sauerstoff enthält als das Oxydul. Nach meinen Versuchen zeigen 100 Theile Berlinerblau, in der Wassersiedhitze getrocknet, 24,7 Eisenoxyd in der Auflösung an. Das Blutlaugensalz oder Kaliumeisencyanür ist das empfindlichste Reagens auf Eisenoxyd, welches sich in Säuren aufgelöst befindet, indem es sich sogleich durch die blaue Farbe zu erkennen giebt.

Die Verbindung von Cyan mit Kalium (die Blutlauge), giebt mit neutralen Eisenoxydsalzen keinen Niederschlag; ein weißer, sich blau färbender Niederschlag entsteht erst bei vorwaltender Säure. — Mit neutralen Eisenoxydsalzen wird kein blauer, sondern ein gewöhnlicher gelber Eisenoxydhydrat-Niederschlag bewirkt, indem das Eisenoxyd kein einfaches blausaures Salz bildet.

Das rothe Blutlaugensalz (Kaliumeisencyanid) giebt mit den in Wasser aufgelösten Eisenoxydsalzen nur eine braune Flüssigkeit, aber mit dem Eisenoxydulsalzen den schönen blauen Niederschlag von Pariserblau, weshalb das rothe Blutlaugensalz ein eben so empfindliches Reagens auf Eisenoxydul, als das gelbe auf Eisenoxyd ist.

Man kann dieses Verhalten der beiden Blutlaugensalze benutzen, um zu erfahren, ob eine Eisenoxydulauflösung eine Spur von Eisenoxyd, oder eine Eisenoxyd-Auflösung noch eine Spur von Eisenoxydul enthält.

Scheele, Versuche über die färbende Materie im Berlinerblau; in

den schwed. Abhandl. vom J. 1782—1783. — Scheele, Entdeckung der wahren Natur der färbenden Materie im Berlinerblau, in v. Crell's neuesten Entdeckungen, XI. 91. — Proust, über das blausaure Eisen, in Scherer's Journ. f. Chemie, VI. 654. — Ebenderselbe über d. blausauren Verbindungen, in Gehlen's Journal für Chemie und Physik, I. 350. III. 549 bis 597. Gewinnung des Blutlaugensalzes, des Berliner- und Pariserblaues im Großen. — Demachy's Laborant im Großen, II. 261. — Weber's bekannte und unbekannte Fabriken und Künste, St. 9. — v. Ittner's Versuche über die Blausäure. — Gadolin, über d. Probiren der Eisenerze auf nassem Wege durch Blutlauge; aus den neuen schwed. Abhandl. IX. 109 u. f. — Hänle's chem. techn. Abh. B. II. Frankf. a. M. 1810. 8. — Berzelius, in Schweigger's Journ. XXX. 1. u. f. in Schweigger's n. Journ. I. 42 u. f. — L. Gmelin, in Schweigger's n. Journ. IV. 325.

§. 231.

Es ist schon oben (§. 209.) bemerkt, daß der Stahl durch das Bestreichen mit Säuren eine dunklere Farbe erhält, als das Stabeisen. Je weicher das Eisen ist, desto lichter ist der Fleck, den die Säuren auf der Oberfläche zurücklassen. So wie das Anlaufen ein Mittel angab, das härtere und das weichere Eisen sogleich durch die Farbenschattirung zu unterscheiden und zu prüfen, ob eine Eisenstange aus durchaus gleichartigem Eisen bestehe: so ist auch das Aetzen oder Beizen der Oberfläche des Eisens (§. 150.) ein Mittel, die härteren und weicheren Stellen im Eisen deutlich von einander zu unterscheiden. In einigen Fällen will man die härteren und die weicheren Stellen absichtlich gegen einander abstechen lassen, und dann muß man sich der Salpetersäure vorzugsweise bedienen. Rinman schlägt zum Aetzen des echten Damastes, oder der echten damascirten Arbeit, d. h. solcher Waaren, welche durch das Zusammenschweißen härterer und weicherer Eisen- und Stahlarten bereitet sind (Gewehrläufe und Degen- oder Säbelklingen) ein Aetzwasser aus $1\frac{1}{2}$ Pfund Wasser, 2 Loth Scheidewasser, $\frac{1}{2}$ Loth Kupfervitriol und 1 Loth

Salmiack vor, indem dies, nach seinen Erfahrungen, vorzüglich schöne Farbenschattirungen in den Fällen hervorbringt, wenn kein tiefes Einfressen nothwendig ist. — Das Verfahren bei dem Aetzen oder Einsenken der Figuren in Eisen und Stahl ist nicht schwierig, wenn der Aetzgrund aus Wachs oder Leinölfirniß gut gemacht, und wenn die verlangte Zeichnung mit einer (stählernen) Radirnadel gehörig in den Aetzgrund eingegraben ist. Sollen die eingesenkten Zeichnungen vergoldet werden, so müssen die Striche tiefer eingeätzt werden. Als Aetzwasser kann man sich der Salpetersäure deshalb nicht bedienen, weil sie zu viel basisches Oxyd absetzt, welches aus den feinen Strichen nicht leicht wieder herauszubringen seyn würde. Rinman schlägt daher ein Aetzwasser aus 20 Loth Wasser, 1½ Loth Alaun, ½ Loth Kupfervitriol und 4 Loth Vitriolspiritus vor, dessen Kupfergehalt sich in den Gravirungen zwar niederschlägt, aber leicht abgebürstet werden kann, und die Eisenfläche dann recht blank darstellt. — Bei den falschen Damascirungen, oder bei den Damastzeichnungen, hat man die Absicht, erhöhete Zeichnungen auf einem vertieften Grunde zu machen, um den echten Damast, bei welchem die härteren Stellen immer erhaben sind, weil sie sich langsamer auflösen, nachzuahmen. Die Zeichnungen werden mit einer Oelfarbe aus Bleiweiß und Terpentinöl, welche den Wirkungen der Säuren widersteht, aufgetragen, und der unbedeckte Grund, nach dem erfolgten Trocknen der Malerei, eingeätzt. Hierzu muß man sich eines schwächeren Aetzwassers bedienen, wozu Rinman 10 Unzen Weinessig, 1½ Loth Salmiack und ½ Loth Kupfervitriol, oder auch 1 Pfund Essig, 1 Loth Grünspann, 3 Loth Salmiack und ½ Loth Vitriolgeist vorschlägt. Im Allgemeinen geht aus den Erfahrungen der Künstler, die sich mit dem Stahlstich beschäftigen, hervor, daß mehre zum Aetzen auf gehärteten Stahl angewendete Flüssigkeiten recht gute Dienste thun, während sie auf weicheren Stahl kein befriedigendes Resultat geben. Zu den Aetzmitteln für harten Stahl nimmt

man vorzugsweise solche Flüssigkeiten, welche Salpetersäure in ihrer Mischung enthalten; zu denen auf weichem Stahl aber solche, worin Salzsäure befindlich ist.

Rinman a. a. O. II. 427—441.

§. 232.

Ein anderer Gebrauch, den der praktische Eisenhüttenmann von der Wirkung der Säuren auf das Eisen macht, besteht darin, die Oberfläche des Eisens vom Glühspan zu reinigen, wie in der Folge bei der Anfertigung der verzinnten Eisenbleche näher gezeigt werden wird. Geht man das Verhalten der verschiedenen Säuren durch, so ergiebt sich, daß die Salzsäure die kräftigste Wirkung äußern würde, weil sie das Oxydul am stärksten angreift; sie kommt daher auch zu diesem Zweck immer mehr in Anwendung und läßt sich für solche Beizmethoden, welche in einer erhöheten Temperatur ausgeführt werden, kaum durch eine andere Säure ersetzen. Das alte Beizverfahren, bei welchem man sich der Essigsäure, nämlich einer Säure, bedient, welche man bei dem Gähren des geschrotenen Getreides erhält, wird nur auf wenigen Weißblechfabriken noch ausgeübt.

Rinman a. a. O. I. 60—66.

Eisen und Alkalien.

§. 233.

Von dem Verhalten des Ammoniacks zum Eisen ist schon vorhin (§. 151.) die Rede gewesen.

Die fixen Alkalien äußern auf dem nassen Wege, bei dem Digeriren mit metallischem Eisen und mit Eisenoxyden, keine Wirkung, im Gegentheil verhindern sie die Wasserzersetzung durch das regulinische Eisen. Auf das Oxydul und auf das Oxyd findet ebenfalls keine Wirkung statt.

In der Glühhitze werden Kali und Natron durch Eisen zerlegt, und es bilden sich Kalium und Natrium, wobei das Eisen oxydirt wird. Das Roheisen wird durch Schmelzen mit Alkalien

in stahlartiges Eisen verwandelt und zuletzt in reines Stabeisen, indem die Kohle zur Reduction des Alkali gleichzeitig mit verwendet wird. Eine Verbindung des Eisens mit den Alkalimetallen scheint aber nicht statt zu finden, wahrscheinlich weil diese Metalle zu flüchtig sind, weshalb sie auch mit dem Eisen nicht verbunden werden können, wenn man ihre Hydrate, nämlich die gewöhnlichen Alkalien, mit oder ohne Zusatz von Kohlenstaub, mit Eisen in bedeckten Tiegeln schmelzt. — Daß die Alkalien und ihre Metalle keinen Einfluß auf die Beschaffenheit des Stabeisens ausüben, scheint aus den Versuchen, welche Hr. Hassenfratz angestellt hat, hervorzugehen. Ein Flintenlauf, welcher zur Zersetzung des Kali gebraucht worden war, und woraus man eine hinlänglich große Menge von diesem neuen Metall erhalten hatte, um auf die Qualität des Eisens Einfluß haben zu können, ließ sich sehr gut schmieden, und gab sehr weiches, durchaus nicht roth- oder kaltbrüchiges Eisen. — Wenn das Kalium sich so leicht mit dem Eisen verbände, so müßte man es in allem Eisen, welches bei Holzkohlen angefertigt wird, auffinden; und doch läßt sich keine Spur davon ausmitteln. Wären auch die chemischen Hülfsmittel zur Auffindung des Metalls noch zu unvollständig, so müßte es wenigstens seinen Einfluß auf die Beschaffenheit des Eisens äußern. Weil dies aber, nach den Erfahrungen, welche Hr. Hassenfratz mitgetheilt hat, nicht der Fall zu seyn scheint, so würde es dem Hüttenmann genügen, zu wissen, daß die Alkalien und ihre Metalle — wenn sie sich auch mit dem Eisen verbinden, und durch die Analyse nur nicht aufgefunden werden sollten — dem Eisen keine nachtheiligen Eigenschaften mittheilen.

Hassenfratz, im Journal des mines. T. XXIII. (Nr. 136.) p. 275.

§. 234.

Hr. Serullas, welcher Versuche über Legirungen des Kalium mit den Metallen angestellt hat, ist bemüht gewesen,

auch eine Legirung des Kalium mit Eisen, durch Schmelzen eines Gemenges von Eisenfeile, Weinstein und Kiehnruß darzustellen. Er behauptet, auf diese Weise wirklich eine Legirung von Eisen und Kalium erhalten zu haben, von welcher er sagt, daß sie grau und spröde sey. Weil das Eisen bei dem angewendeten Verfahren entweder in wilden Stahl oder in Roheisen umgeändert werden müßte, so läßt sich nicht bestimmen, welche Eigenschaften das Kalium dem Eisen mitgetheilt haben möge.

Das bei Holzkohlen erblasene Roheisen enthält niemals Kalium, wenigstens habe ich weder in dem Roheisen, noch in der Hohenofenschlacke jemals Kali gefunden, obgleich es sich doch in der Asche der Kohlen in nicht unbedeutender Menge befindet. Es scheint daher, daß das Kali in dem Gestell des Hohenofens zwar wirklich zu Kalium reducirt wird, weil es sich sonst als Kali in der Schlacke finden müßte; daß das Kalium aber, unter den Verhältnissen, wie sie in dem Schmelzraum des Ofens statt finden, mit dem Eisen nicht in Verbindung tritt, sondern sich im metallischen Zustande verflüchtigt und bei dem Zutritt der Luft wieder in Kali umändert. Bei Oefen, welche mit geschlossener Brust arbeiten, verflüchtigt sich das Kalium wahrscheinlich aus der Gicht und ändert sich sogleich wieder in Kalium um, sobald es mit der Luft in Berührung tritt. Bei den Oefen mit offener Brust entweicht es zum Theil aus der Gicht, zum Theil setzt es sich am Tümpel, nebst mehren anderen, theils mechanisch vom Windstrom fortgerissenen Bestandtheilen der Beschickung, theils sich wirklich verflüchtigenden Substanzen, als ein Sublimat an, welches häufig sehr reich an Kali ist. Diese Ansätze oder dies Sublimat, enthalten nicht bloß kohlensaures, sondern auch salz- und schwefelsaures Kali, gemengt mit sehr vielen anderen Substanzen. Sogar das Sublimat, welches sich bei dem Betriebe der Koaks Hohenöfen unten am Tümpel ansetzt, enthält, nach Hrn. Berthier's Untersuchungen, oft eine große Menge von Kali.

Wenn sich aber auch auf diese Weise das Kali mit dem Eisen nicht verbindet, so wäre es doch möglich, eine Verbindung des Kalium oder Natrium mit Eisen bei dem Verfrischen des Roheisens in den gewöhnlichen Frischheerden zu bewerkstelligen. Man hat sich hin und wieder wohl eines Zusatzes von Pottasche bedient, um das Phosphor haltende Roheisen bei dem Verfrischen in den Heerden zu verbessern und will davon auch einen günstigen Erfolg erhalten haben. Um jedoch den Einfluß der Alkalien genügender kennen zu lernen, habe ich sie in Quantitäten von 5 bis 6 Procent anwenden und das Eisen während der ganzen Frischperiode mit Pottasche und mit kohlensaurem Natron bestreuen lassen. Der Erfolg entsprach der Erwartung nicht, indem das Eisen nicht allein an Schweißbarkeit verlor, sondern sich auch ungleich weniger haltbar zeigte. Obgleich in dem Eisen nur Spuren von Alkali, in nicht bestimmbarer Menge aufgefunden werden konnten, so ließ es sich doch nicht bezweifeln, daß das starke Schiefern des Eisens und die geringere Festigkeit desselben, dem geringen Gehalt an Kalimetallen zuzuschreiben sey. Daß ein solches Minimum eines Gehaltes von Alkalimetall dem Eisen schon nachtheilige Eigenschaften mittheilt, wird weniger befremden, wenn wir in der Folge sehen werden, daß mehre andere Körper ein ähnliches Verhalten zeigen. — Für den Techniker hat indeß dieses Verhalten der Alkalimetalle kaum einiges Interesse, weil niemals der Fall eintritt, wo Pottasche oder Soda in so großen Quantitäten mit dem Eisen in Berührung träte, daß es den Eigenschaften desselben nachtheilig werden könnte.

Serullas; im Archiv für Bergbau, VIII. 403. — Berthier; ebendas. X. 286, und XIV. 352. — Karsten; ebendas. XV. 3. u. f.

Eisen und Erdbasen.

§. 235.

Die Erden äußern auf dem nassen Wege keine Wirkung auf das Eisen, indem dasselbe in den angefeuchteten Erden nur dieselben Veränderungen erleidet, wie im reinen Wasser. Wasser, welches Kalk oder Magnesiaerde aufgelöst enthält, verzögert, in ähnlicher Art, wie die fixen Alkalien, die Zersetzung des Wassers durch das Eisen. Auf dem trockenen Wege werden die Erden durch Eisen zersetzt oder desoxydirt, und zu Metallen umgeändert, wenn sie mit dem Eisen und mit Kohlenstaub geschmolzen werden. Ob die Desoxydation durch das Eisen allein, wie bei den Alkalien, bewirkt werden kann, oder ob dieselbe nur durch Kohle möglich ist, und das Eisen nur dazu dient, die Erdenmetalle in sich aufzunehmen (wozu aber auch Kupfer, vielleicht auch Silber angewendet werden kann), ist noch unentschieden. Nach den bisherigen Erfahrungen scheint das Eisen allein, ohne Mitwirkung des Kohlenstoffs, auf die Hydrate der Erden nur eine sehr geringe Kraft zu äußern. Das Roheisen wird, durch Schmelzen mit Erden, seines Kohlegehaltes zum großen Theil beraubt und in den gefrischten Zustand versetzt.

§. 236.

Unter allen Erden ist die Kieselerde in ihrem Verhalten zum Eisen in der erhöheten Temperatur am genauesten untersucht. Hr. Berzelius konnte schon eine Verbindung des Siliciums mit Eisen durch bloßes Cementiren von Eisenfeilspänen mit feingepulverter Kieselerde in Kohlenstaub bewirken, indem sich das Silicium mit dem Eisen eben so verband, wie es unter denselben Umständen die Kohle thut. Aus den von Berzelius angestellten Versuchen geht hervor, daß das Silicium keinen bedeutenden Einfluß auf die Geschmeidigkeit des Eisens hat, sondern daß die Weichheit desselben bloß davon abhängt, ob der beigemischte Kohlegehalt mehr oder weniger vollkommen

weggeschafft wird. Je reicher das Eisen an Silicium ist, desto geringer ist sein specifisches Gewicht. Das siliciumhaltige Eisen giebt beim Auflösen in Säuren mehr Wasserstoffgas, als das reinste Stabeisen, weil das Eisen im höchsten Orydationszustande nur etwas über 30 Procent, das Silicium aber über 50 Procent Sauerstoff aufnimmt, also mehr Wasser zerlegen muß, als das Eisen. Hr. Stromeyer hat besonders sehr genaue und ausführliche Versuche über die Verbindung des Siliciums mit dem Eisen angestellt, und Verbindungen in allen möglichen Verhältnissen von 2½ bis 9,3 Procent Silicium mit Eisen dargestellt. Ueber das Verhalten des Siliciums mit dem Eisen läßt sich jedoch aus diesen Versuchen nicht urtheilen, weil in demselben Verhältniß, in welchem das Silicium zunimmt, auch das Verhältniß der Kohle im Eisen größer wird, wodurch die Beurtheilung des Verhaltens des reinen siliciumhaltigen Eisens unmöglich wird. Es wird indeß dafür gehalten, daß das Silicium dem Eisen keine, dem Gebrauch desselben nachtheiligen Eigenschaften mittheile, wenigstens seiner Festigkeit und Ductilität nicht hinderlich sey. Versuche, welche im Großen in Oberschlesien mit reinem Quarzsand, als Zusatz bei dem Verfrischen des Roheisens, angestellt sind, haben ebenfalls das Resultat gegeben, daß dieser Zusatz dem Eisen nicht nachtheilig gewesen ist. Der Siliciumgehalt des Roheisens wird bei dem Frischprozeß zum größten Theil abgeschieden und verschlackt. Es läßt sich nicht behaupten, daß das Roheisen um so mehr Silicium enthalte, bei je größerer Hitze es erzeugt worden ist, daß also das graue Roheisen immer einen größeren Gehalt an Silicium besitzt, als das weiße, obgleich dies im Allgemeinen wohl der Fall ist und sogar als Regel angenommen werden kann. Allein die Beschaffenheit der Beschickung ist ebenfalls wesentlich zu berücksichtigen. Der Siliciumgehalt des Roheisens beträgt selten weniger als 0,4 Prozent, aber er steigt bis 3 Procent und darüber. Unter fast gleichen Umständen enthält das bei heißem Winde erblasene

Roheisen wenigstens 0,3 Procent Silicium mehr als das bei kaltem Winde erzeugte. — Der Siliciumgehalt des Stabeisens und des Stahls kann von 0,001 bis 0,1 Procent differiren, aber Stabeisen und Stahl, die 0,05 Procent Silicium und darüber, enthalten, können nicht mehr als ein gutes Produkt angesehen werden.

Berzelius; Zerlegung der Kieselerde durch gewöhnliche chemische Mittel in Gilbert's Ann. der Physik. Neue Folge. VI. 89 bis 102. — Stromeyer, über die verschiedenen Arten der Verbindungen des Eisens mit dem Kieselmetall. Ebendas. VII. 335. u. f. VIII. 233. 321—330.

§. 237.

Später hat Hr. Boussingault wieder darauf aufmerksam gemacht, daß schon in der Temperatur, in welcher das Stabeisen zu Stahl cementirt wird, eine Reduction der Kieselerde in der Kohle zu Silicium statt findet und daß das Silicium sich, eben so wie die Kohle, mit dem Eisen verbindet. Aber der Zwischenkunft der Kohle bedarf es nicht einmal, indem auch das reine Stabeisen, wenn es in Thontiegeln geschmolzen wird, Silicium aufnimmt und dadurch eine größere Leichtflüssigkeit erhält. Früher schon hatte Hr. Mushet die Erfahrung gemacht, daß das Stabeisen, mit reinem Quarzsande geschmolzen, härter und brüchiger wird und eine stahlartige Beschaffenheit bekommt. Hr. Boussingault fand in dem in hessischen Tiegeln geschmolzenen Stabeisen über 1 Procent Kieselerde, oder vielmehr 0,54 Silicium. Aus der Härte des Silicium haltenden Eisens, die bei dem Ablöschen im Wasser noch zunimmt, glaubt Hr. B. schließen zu dürfen, daß das Silicium denselben Einfluß auf das Eisen habe, wie die Kohle, oder daß das Silicium, eben so wie die Kohle, das Eisen in Stahl verwandle.

Versuche im Kleinen, so schätzbar sie sind, führen leicht zu Trugschlüssen, wenn es auf die Beurtheilung der Beschaffenheit des dargestellten Produktes ankommt. Entschieden scheint es zu

seyn, daß das Silicium dem reinen (nicht Kohle haltenden) Eisen eine größere Härte mittheilt; aber die Erfahrungen im Großen zeigen, daß es auf die Festigkeit des Eisens sehr nachtheilig einwirkt und daß der größte Theil des so genannten faulbrüchigen Stabeisens, seine schlechte Beschaffenheit durch den Siliciumgehalt erhält, welcher beim Frischprozeß nicht vollständig abgeschieden worden ist. — Ein Siliciumgehalt des Stabeisens von 0,37 Procent ist schon hinreichend, die Festigkeit des Eisens ungemein zu vermindern. Ich habe mich durch mehrfache Analysen eines solchen faulbrüchigen Stabeisens überzeugt, daß der Siliciumgehalt die einzige Ursache der verminderten Festigkeit sey, weil sich, — außer geringen Quantitäten Phosphor, welche auf die Festigkeit des Eisens noch keinen wesentlichen Einfluß haben konnten, — keine anderen fremdartigen Bestandtheile auffinden ließen. Es ergiebt sich aus allen Untersuchungen, die ich mit sehr vielen Eisenarten angestellt habe, daß das Silicium auf die Festigkeit des Eisens in einem ungleich höheren Grade nachtheilig wirkt, als der Phosphor. Bei größeren Verhältnissen des Phosphors und des Siliciums zum Eisen, mag ein anderes Verhalten eintreten, welches jedoch für den praktischen Hüttenmann gleichgültig ist.

Boussingault; Archiv u. s. f. V. 163 u. f. — Mushet; ebendas. IX. 417 u. f.

§. 238.

Es ist bis jetzt noch kein unmittelbar aus den Erzen dargestelltes, nicht umgeschmolzenes Roheisen angetroffen, worin nicht mehr oder weniger Silicium gefunden worden wäre. Bei gleichen Quantitäten und Verbindungszuständen der Kohle, ist auch das Roheisen um so härter, scheint aber auch um so mehr an Festigkeit zu verlieren, je mehr Silicium es enthält. In den Gestell- und Schmelzräumen der hohen Oefen ist dies Metall noch niemals regulinisch und ohne mit Eisen verbunden zu seyn angetroffen worden, obgleich alle Umstände vorhanden sind,

welche die Bildung desselben begünstigen würden. Selbst aus dem Roheisen, welches sehr viel Silicium enthält, scheidet es sich bei dem Erstarren des Eisens, zum Theil als reines weißes Oxyd, oder als Kieselerde aus, die zuweilen ein schönes strahliges oder auch sternförmiges, oder gleichlaufend fasriges Gefüge zeigt. Es ist merkwürdig, daß solche Ausscheidungen mitten in der Roheisenmasse, wo sich zufällig Blasenräume und Höhlungen gebildet haben, zuweilen zum Vorschein kommen, und daß noch niemals die Kieselerde im regulinischen Zustande bemerkt worden ist. Selbst da, wo sich das Titanoxyd reducirt hat, kommt das Silicium nur oxydirt vor und bildet nicht selten sehr schöne gleichlaufend und divergirend krumm- und geradestrahlige Ausscheidungen von blendend weißer Farbe mit seidenartigem Glanz. Diese Ausscheidungen erreichen zuweilen die Stärke eines halben Zolles und bestehen durchaus nur aus reiner Kieselerde. Es ist kaum daran zu zweifeln, daß sich diese Ausscheidungen nicht vorher wirklich im metallischen Zustande befunden haben.

Ein Siliciumgehalt von 3,46 Procent ist der größte, den ich jemals im Roheisen gefunden habe, welches indeß unter besondern Umständen dargestellt worden war. — Ein Gehalt von 1 Procent, also von 2 Procent Kieselerde, die bei der Analyse gefunden werden, ist schon sehr bedeutend. Das bei Koaks erblasene Roheisen enthält in der Regel mehr Silicium, als das bei Holzkohlen erzeugte.

Grignon, sur l'amiante ferrugineux etc. in dessen Mémoires de Physique sur l'art de fabriquer le fer. Paris 1775. p. 1—19. — Koch, Beiträge zur Kenntniß krystallinischer Hüttenprodukte. Göttingen 1823.

§. 239.

Wenn die Quantität des Siliciums im Eisen genau bestimmt werden soll, so kann dies ohne einen besonderen Versuch nicht geschehen, denn der größte Theil desselben löst sich als Kieselerde in der Säure mit auf und nur ein geringer —

häufig nur der 5te oder 6te Theil bleibt in den kohligen Rückständen zurück. Zur Ermittelung des Siliciumgehaltes wird das Eisen am besten in Königswasser aufgelöst, die Auflösung, ohne daß es des Filtrirens bedarf, in einer Porcellanschale bis zur Trockniß abgedampft und über der Glühlampe so lange erhitzt, bis sich die Salzmasse von den Wänden der Schaale ablöst. Die trockene Masse wird mit Salzsäure angefeuchtet und wenn sie einige Stunden gestanden, mit Wasser völlig aufgeweicht und sodann vollständig in der Digerirwärme aufgelöst, filtrirt und ausgesüßt. Das an der Luft getrocknete Filtrum wird verbrannt und so lange ausgeglühet, bis alle Kohle verbrannt ist. Das Gewicht des verbrannten Rückstandes ist das Gewicht der Kieselerde, welche in 100 Theilen 48,05 Silicium enthält.

Die auf diese Weise dargestellte Kieselerde ist jedoch nur selten vollkommen rein und von blendend weißer Farbe, gewöhnlich ist sie schmutzig gelb oder grünlichgrau. Die Färbung vermehrt das Gewicht zwar nur so unbedeutend, daß es kaum nöthig ist, bei der Gewichtsbestimmung darauf Rücksicht zu nehmen. Will man aber das Gewicht der völlig reinen Kieselerde ermitteln, so muß die geglühete Kieselerde im Platintiegel mit kohlensaurem Natron über der Lampe geschmolzen, im Wasser aufgeweicht, die wässrige Auflösung durch Salzsäure sauer gemacht, abgedampft, dann wieder im Wasser aufgelöst, filtrirt und das gewogene Filtrum mit dem Inhalt verbrannt werden.

§. 240.

Das Aluminium, oder das Metall der Thonerde, ist durch die Untersuchungen der Herren Stodart und Faraday, welche dasselbe in dem besten Ostindischen Stahl, — in dem sogenannten Wootz — gefunden haben und von der Beimischung dieses Metalles die vortrefflichen Eigenschaften jenes Stahls ableiten, in den Ruf gekommen, daß es, wenigstens in geringen Verhältnissen, dem Eisen beigemischt, zur Verbesserung

desselben beitrage. Die Herren St. und F. haben das Resultat ihrer Analyse durch die Synthese bestätigt und einen Aluminium haltenden Stahl zu bereiten gelehrt, welcher dieselben guten Eigenschaften besitzen soll, wie der ostindische Stahl.

Drei verschiedene Versuche mit Zusatz von Thon zum Roheisen, welche ich im Großen habe anstellen lassen, um den Einfluß auszumitteln, welchen die Thonerde bei dem Verfrischen des Roheisens auf das darzustellende Stabeisen äußern würde, haben zwar eine Verzögerung der Frischarbeit wegen des in großer Menge sich bildenden Eisenoxydul-Silikates, als Folge dieses Zusatzes, gezeigt; allein auf die Festigkeit des Eisens schien dieser Zusatz ohne einen auffallenden nachtheiligen Einfluß gewesen zu seyn, auch haben sich bei der Analyse des Stabeisens kaum Spuren von Thonerde auffinden lassen wollen, obgleich der ganze Aluminiumgehalt durch das bei der Analyse angewendete Verfahren ohne allen Verlust hätte dargestellt werden müssen.

Eben so wenig habe ich in den bisher von mir untersuchten verschiedenen Arten von Roheisen, Stabeisen und Stahl einen wägbaren Gehalt, sondern immer nur Spuren von Thonerde auffinden können, wodurch es mir zweifelhaft wird, ob sich die Thonerde, bei dem gewöhnlichen Schmelzprozeß im Hohenofen, überhaupt reducirt und als Metall mit dem Eisen in Verbindung tritt, und ob eine solche Verbindung nur durch unmittelbares Zusammenschmelzen von Thonerde, Eisen und Kohle, in Tiegeln, erhalten werden kann. Sollte das Eisen aber bei dem gewöhnlichen Eisenbereitungs-Prozeß wirklich etwas Aluminium aufnehmen, so muß dasselbe die Festigkeit des Eisens in einem hohen Grade vermindern, indem sich die stärksten Spuren von Thonerde bei dem faulbrüchigen Stabeisen zeigen.

Hr. Faraday hat in dem Wootz den Gehalt an Aluminium sehr abweichend gefunden, und aus einigem Stahl 0,024, aus anderem 1,3 Procent Thonerde erhalten. Es wird ausdrücklich bemerkt, daß der Körper, welcher für Thonerde erkannt

worden, in Aetzkali auflöslich, und daß durch einen Zusatz von Schwefelsäure Alaun gebildet worden sey. Daß er also wirklich Thonerde gewesen, kann bei so bestimmten Angaben nicht bezweifelt werden, obgleich es ungemein auffällt, daß die Auflösung des Wootz in Königswasser nichts als Eisen enthielt, und daß der ganze Thonerdegehalt in dem Rückstande von der Auflösung gefunden ward; ein Verhalten, welches den Eigenschaften der Thonerde sonst wenig angemessen ist. Die Analyse eines Stückes Wootz, von dessen Aechtheit ich überzeugt war, hat mir ganz andere Resultate gegeben. Dieser Stahl löste sich fast vollkommen in Königswasser auf, indem er nur einige Spuren von Kieselerde hinterließ. Aus der sauren und mit Weinsteinsäure im Uebermaaß versetzten Auflösung wurden Eisen und Mangan (kaum 0,1 Procent) durch Hydrothion Ammoniack entfernt, und die Auflösung ward alsdann näher untersucht. Durch das Einäschern des verkohlten Rückstandes von der bis zur Trockniß abgedampften Auflösung wurden 0,54 Procent weiße Asche erhalten, welche aus Phosphorsäure, Kieselerde, Titanoxyd und mit Sicherheit nicht erkennbaren Spuren von Thonerde bestand. Es ergiebt sich daraus wenigstens, daß in dem von mir untersuchten Wootz höchstens nur eine Spur von Aluminium vorhanden war, und daß ein geringer Gehalt an Aluminium wenigstens nicht immer die Ursache der vortrefflichen Beschaffenheit des ostindischen Stahls seyn kann, so daß der günstige Einfluß des Aluminium auf die Festigkeit des Eisens noch so sehr problematisch bleibt, daß vielmehr ein entgegengesetztes Verhalten höchst wahrscheinlich wird.

Die Herren Stodart und Faraday bemerken jedoch, daß Stahl und Stabeisen sich bei den Verbindungen mit geringen Quantitäten von anderen Metallen sehr verschieden verhalten. Diese Bemerkung ist sehr richtig und beweist, daß eine geringe Beimischung von einer fremdartigen Substanz dem Stahl noch nicht nachtheilig ist, wenn sie die Festigkeit des Stabeisens

schon in einem bedeutenden Grade zu vermindern vermag. Ein ähnliches Verhalten könnte leicht bei dem Aluminium statt finden — Die Herren St. und F. haben folgendes Verfahren zur Bereitung eines Aluminium haltenden Stahls angegeben. Ganz klein zerstückter, reiner Stahl, oder auch wohl gutes Stabeisen, werden mit Holzkohlenpulver gemengt und eine geraume Zeit lang sehr stark erhitzt. Es bilden sich auf diese Weise Verbindungen von Eisen mit Kohle von einer sehr dunkel metallgrauen Farbe, welche mit dem Tellurerz (Blättererz) einige Aehnlichkeit haben, und ein sehr krystallinisches Ansehen besitzen. Wenn man diese kleine Metallkönige zerschlägt, so findet man, daß die krystallinischen Blätter, oft über $\frac{1}{4}$ Zoll breit, durch die Masse setzen. Aus verschiedenen Versuchen ergab sich, daß sie sehr gleichartig aus 94,36 Eisen und 5,64 Kohle zusammengesetzt seyn sollen. Diese Metallkönige werden im Mörser zerpulvert, mit reiner Thonerde gemengt und dann in einem verschlossenen Tiegel eine lange Zeit hindurch sehr stark erhitzt. Auf solche Art erhält man eine weiß gefärbte, sehr spröde Legirung mit körnigem Bruch, deren Gehalt an Thonerde durch die Analyse zu 6,4 Procent aufgefunden ward. Der Kohlegehalt ist nicht genau bestimmt worden. Von dieser Legirung werden 40 Theile mit 700 Theilen gutem Stahl geschmolzen und geben einen guten, vollkommen schmiedbaren Metallkönig, der nach dem Poliren und Beizen mit verdünnter Schwefelsäure dieselben vortrefflichen Damastzeichnungen zeigt, welche den Wootz so eigenthümlich auszeichnen. Ein zweiter Versuch ward mit 500 Theilen von demselben Stahl und mit 67 Theilen von der Aluminium Legirung angestellt. Auch diese Verbindung gab einen sehr guten, schmiedbaren Stahl, der schöne Damastzeichnungen liefert. Dieser Stahl besaß alle Eigenschaften des vorzüglichsten Wootz aus Bombay.

Stodart und Faraday; im Archiv u. s. f. IX. 322 u. f.

§. 241.

Das gewöhnliche und völlig zureichende Verfahren zur Aufsuchung des Aluminiums und zur Bestimmung der Quantität Thonerde bei der Analyse der Eisenarten, besteht darin, daß das Eisen in Königswasser aufgelöst, die saure Auflösung abgedampft, mit Salzsäure angefeuchtet, dann wieder in Wasser aufgelöst und filtrirt, aus dieser filtrirten Auflösung durch Aetzammoniack das Eisenoxyd niedergeschlagen und in diesem Niederschlage die Thonerde aufgesucht wird. Der Niederschlag wird zu diesem Zweck in einer möglichst geringen Quantität Salzsäure aufgelöst, in einer weiten Porcellanschaale mit einer concentrirten Aetzkalilauge anhaltend gekocht, so daß nicht bloß alles Eisenoxyd niedergeschlagen wird, sondern auch noch Kali im Uebermaß vorhanden ist. Demnächst wird der Inhalt der Schaale mit Wasser sehr reichlich verdünnt, filtrirt, ausgesüßt, die Flüssigkeit mit Salzsäure etwas übersättigt und mit kohlensaurem Ammoniack versetzt.

Sowohl bei den Roh- und Stabeisenarten, als bei den Stahlarten, welche ich selbst auf diese Art untersucht habe, oder welche auf meine Veranlassung untersucht worden sind, habe ich nur bei einigen wenigen derselben Spuren von Thonerde, die sich nach langer Ruhe in zarten, dem Gewicht nach unbestimmbaren Flocken absetzten, erhalten können. Es ist mir daher nicht wahrscheinlich, daß das Aluminium öfter in den Eisen- und Stahlarten angetroffen werde, so wie ich auch bezweifle, daß der Wootz seine guten Eigenschaften, so viel er deren besitzen mag, dem Aluminium zu verdanken hat. Sollte aber wirklich Aluminium bis zu einem Gehalt von 1 Procent und darüber jemals in einer Eisen- oder Stahlsorte gefunden werden, so darf man von der schlechten Beschaffenheit derselben völlig überzeugt seyn.

§. 242.

Das Kalcium scheint in seinem Verhalten zum Eisen mit den Metallen der Alkalien sehr überein zu stimmen. Es

wird nämlich die Kalkerde, eben so wie die Alkalien, in einer sehr hohen Temperatur durch das Eisen zersetzt, ohne daß das entstehende Kalcium eine große Verbindungsfähigkeit mit dem Eisen zeigt. Versuche über den Einfluß der Kalkerde auf Stabeisen, wenn beide Körper in Tiegeln geschmolzen werden, hat Hr. Mushet angestellt. Es geht daraus hervor, daß der Eisenregulus viel spröder und besonders geneigt zum Rothbruch wird. Ob das Eisen Kalcium aufgenommen habe, ist nicht untersucht. — Das Roheisen wird durch Schmelzen mit Aetzkalk seines Kohlegehaltes beraubt. Frischversuche mit Zusätzen von dem reinsten carrarischen Marmor haben gezeigt, daß die Festigkeit des dargestellten Stabeisens durch Kalkzusätze nicht allein nicht vermindert, sondern, nach dem Ausfall der stärksten Proben zu urtheilen, sogar erhöhet wird. Aber weit entfernt, aus diesem Erfolge auf einen günstigen Einfluß des Kalcium auf die Festigkeit des Eisens zu schließen, ergab sich vielmehr bei der Analyse, daß das Eisen keine Spur von Kalcium enthielt, und daß die Wirkung des Marmors nur darin bestanden haben konnte, den geringen Phosphorgehalt des Eisens noch mehr zu vermindern.

Bei anderen Frisch-Prozessen, bei welchen der kohlensaure Kalk in großer Menge angewendet und während der ganzen Dauer der eigentlichen Frischarbeit zugesetzt ward, zeigte sich wirklich eine Abnahme der Festigkeit des Eisens, welche sich durch Verminderung der Schweißbarkeit und durch das Aufspalten der Stäbe unter dem Hammer zu erkennen gab. Das Eisen war dabei weder roth- noch kaltbrüchig, aber der Zusammenhang der Theile ward durch den Mangel an Schweißbarkeit theilweise aufgehoben. Man pflegt ein solches Eisen gewöhnlich hadriges Eisen zu nennen. In einem solchen, durch zu starke Kalkzusätze hadrig gewordenen Eisen, wurden durch die Analyse 0,245 Procent Kalkerde aufgefunden. Diese Menge Kalkerde entspricht einem Gehalt von 0,1774 Procent Kalcium, und diese

geringe Beimischung von Kalcium ist schon hinreichend den Zusammenhang der Theile des Eisens bedeutend zu vermindern.

In verschiedenen Roheisenarten, welche aus Eisenerzen dargestellt werden, die eines starken Kalkzuschlages bei dem Verschmelzen bedürfen, finden sich auch wohl, obgleich sehr selten, Spuren von Kalkerde; indeß scheint sich das Kalcium doch nur in besonderen Fällen mit dem Eisen zu verbinden.

Mushet; im Archiv u. s. f. IX. 422 u. f.

§. 243.

Vom Magnesium habe ich nur in einigen Roheisenarten, aber niemals in den von mir untersuchten verschiedenen Arten des Stabeisens, Spuren gefunden. Welchen Einfluß das Magnesium daher auf die Festigkeit des Eisens äußern mag, kann ich nicht beurtheilen. Für den praktischen Eisenhüttenmann hat die genauere Kenntniß dieses Verhaltens kein Interesse, weil er niemals in den Fall kommt, den Einfluß dieser Verbindung befürchten zu dürfen. — Eben dies ist auch bei dem Baryum der Fall.

Eisen und andere Metalle.

§. 244.

Obgleich die Strengflüssigkeit des Eisens ein großes Hinderniß für die Verbindung desselben mit anderen Metallen ist, so giebt es doch nur sehr wenig Metalle, mit denen es sich nach den zeitherigen Erfahrungen gar nicht zu verbinden scheint. Was bei den Verbindungen der weniger strengflüssigen Metalle nicht so leicht in die Augen fällt — die Verbindung nach bestimmten Verhältnissen — würde sich bei dem strengflüssigen Eisen deutlicher offenbaren müssen; allein es sind auch bei der Vereinigung des Eisens mit anderen Metallen nur höchst wenig Fälle bekannt, in welchen mit einiger Zuverlässigkeit auf Verbindungen nach bestimmten Verhältnissen geschlossen werden könnte. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß sich die Metalle häufig in

ganz unbestimmten Verhältnissen mit einander vereinigen und daß das Verbindungsverhältniß auf der einen Seite ganz von der Temperatur abhängt, so wie es von der andern Seite durch die verschiedenen Umstände, unter welchen die Erstarrung erfolgt, sehr verschieden modificirt werden kann. Es wird hier auch vorzüglich nur die Rede von dem Einfluß seyn, den eine geringe Beimischung von anderen Metallen auf die Beschaffenheit des Eisens hat.

Beispiele einer Vermischung nach unbestimmten Gesetzen geben Kupfer und Blei, Zinn und Blei, Kupfer und Zinn im Kanonengut u. s. f., welche Verbindungen nur Gemenge zu nennen sind, indem man z. B. die Verbindung des Zinns mit wenig Kupfer in Gestalt von Körnern in der Mischung des Kupfers mit wenig Zinn liegen sieht.

§. 245.

Mit dem Golde verbindet sich das Eisen sehr leicht, und, wie es scheint, in allen Verhältnissen. Nach Hatchett vermindert auch das Eisen die Zähigkeit des Goldes nicht, indem sich ein Gemisch aus 12 Gold und 1 Eisen noch sehr gut walzen und prägen ließ. Stahl und Roheisen gaben dasselbe Metallgemisch. Es ist nicht bekannt, ob das Gold dem Eisen nachtheilige Eigenschaften mittheilt, indeß wird der praktische Hüttenmann schwerlich in den Fall kommen, einen üblen Einfluß des Goldes auf Eisen zu empfinden. — Die Herren Stodart und Faraday versichern, das Gold in sehr verschiedenen Verhältnissen mit Stahl (durch Zusammenschmelzen) legirt zu haben, indeß soll keine von diesen Legirungen ausgezeichnet gewesen seyn.

Rinman a. a. O. II. 5—59. — Hatchett, über die Legirung des Goldes mit Eisen; in Gehlen's N Journal für Chemie, IV. 62. f. — Stodart und Faraday; Archiv f. Bergbau u. s. f. IX. 343. 359.

§. 246.

Das Vergolden des Eisens geschieht entweder durch Belegen der polirten und blau angelaufenen Oberfläche mit echtem Blattgold, oder durch Ueberziehen der Oberfläche des Eisens mit einem Firniß, Belegen der gefirnißten Fläche mit echtem Blattgold und Abbrennen des Firnisses; oder durch Niederschlagen des Goldes aus einer Auflösung in Königswasser durch das zu vergoldende Eisen, in welchem Fall die Goldauflösung aber sehr verdünnt seyn muß, wobei man gewöhnlich Schwefeläther als Verdünnungsmittel anwendet; oder durch eine Auflösung des Goldoxyds in Kali, nachdem das Eisen vorher durch Eintauchen in einer Kupfervitriol-Auflösung ein Kupferhäutchen bekommen hat; oder endlich durch Bestreichen und Verdampfen eines Amalgama, oder durch die sogenannte Feuervergoldung. Bei dieser letzten Methode muß die Oberfläche des Eisens erst mit einer Kupferhaut überzogen werden, welche durch das sogenannte Quickwasser aufgetragen wird. Rinman schlägt zu einem solchen Quickwasser 4 Loth starke, oder 6 Loth etwas verdünnte Schwefelsäure, 1½ Loth Alaun, ½ Loth Salmiack, ⅛ Loth Kupfervitriol, 1 Loth Zinkvitriol und 10 Loth klaren reinen Weinessig in 3⅛ Pfund reinem Flußwasser bei gelinder Siedhitze aufgelößt, vor. Mit diesem Quickwasser und zugleich mit Quecksilber wird das zu vergoldende Eisen so lange übergossen, bis eine bleiche Kupferhaut zum Vorschein kommt und bis sich das Quecksilber tropfenweise festgesetzt hat, worauf man das Amalgama aufträgt, und das Quecksilber, bei einer langsamen gleichförmigen Erwärmung in der Temperatur des violetten Anlaufgrades, verdampfen läßt. Ein angequickter Grund läßt sich auch mit echtem Blattgold vergolden. — Eine andere Methode, das Eisen mit Gold zu bedecken, ist das Einlegen, Einschlagen oder Inkrustiren, wobei die Oberfläche des Eisens mit einem feinen Stahl aufgehauen und mit dem Goldblättchen von jeder beliebigen Figur belegt wird, worauf man das Blättchen mit einem

messingenen Hammer eintreibt, die ganze Fläche ebnet, dann anlaufen läßt und polirt.

Technical Repository Febr. 1824, daraus in den Wiener Jahrb. d. polytechn. Instituts. VIII. 266. (giebt eine gute Anweisung zum Vergolden des Stahls durch Goldauflösung). — Erdmann's Journal für praktische Chemie XI. 339. (enthält das Verfahren zum Vergolden des Eisens mit einer Auflösung des Goldoxyd in Kali).

§. 247.

Nach Rinman's Versuchen sollen 5 oder mehr Theile Silber 1 Theil Eisen aufnehmen können. Das Silber verliert dadurch nichts von seiner Geschmeidigkeit, gewinnt aber an Härte, weshalb Rinman ein solches Gemisch aus Eisen und Silber zu Schnallen, Obstmesserklingen, Ringen u. s. f. vorschlägt. Dagegen soll das Silber nicht im Stande seyn, $\frac{1}{3}$ Eisen bei dem Schmelzen aufzunehmen. Ein Gewicht aus 5 bis 6 Theilen Silber und 1 Theil Eisen soll vom Magnet noch eben so stark gezogen werden, als das ganz reine Eisen. — Herr Coulomb fand, daß Silber, welches etwa $\frac{1}{320}$ Eisen enthalten mogte, noch auf den Magnet wirkte; ja daß sogar das aus Hornsilber reducirte Silber den Magnet noch beunruhigte, obgleich der Eisengehalt dieses Silbers, nach der Berechnung so geringe seyn mußte, daß 133119 Theile Silber etwa 1 Theil Eisen enthielten. — Gellert behauptet in seiner metallurgischen Chemie, daß Eisen und Silber sich leicht mit einander verbinden. Morveau versichert, eine Mischung von Silber und Eisen lange im Fluß erhalten und dabei gefunden zu haben, daß beide Metalle sich nach ihrem specifischen Gewicht trennen und zwei ausgezeichnet verschiedene Metallkönige bilden, von denen der untere aus eisenhaltigem Silber und der obere aus silberhaltigem Eisen bestehe. Nach Coulomb kann das Silber nur etwa $\frac{1}{180}$ Eisen enthalten; und Morveau zeigt, daß das Eisen nicht mehr als $\frac{1}{80}$ Silber zurückhalten könne, wodurch es eine

außerordentliche Härte und die Structur des reinsten Eisens erhalte. So getheilt auch die Meinungen der Metallurgen über die Quantität des Silbers sind, welches vom Eisen aufgenommen werden kann, so stimmen sie doch darin überein, daß das Eisen dem Silber keine nachtheiligen Eigenschaften mittheilt. Bei einem in Oberschlesien angestellten Frischversuch im Großen, bei welchem dem zu verfrischenden Roheisen anderthalb Procent feines 16löthiges Silber zugesetzt ward, hat sich indeß ergeben, daß das Eisen allerdings beträchtlich an seiner Güte verliert. Aus den Anlaufkolben erhob sich, so wie sie aus dem Feuer genommen wurden, ein bläulichgrüner Dampf, der auch beim Schmieden, so lange sich das Eisen in weißwarmer Hitze befand, fortdauerte. Das Anlaufen ging gut von statten; der Deul war auch recht gaar gefrischt, jedoch schmiedete sich das Eisen schlecht, und wurde sehr unganz und schiefrig. Die Stäbe bekamen stellenweise sehr viele und große Kantenbrüche, und verhielten sich fast ganz wie rothbrüchiges Eisen, indem sie beim Probiren, kalt sehr zähe waren. Wegen Brüche und Schiefer konnten von 10 Stäben nur 3 als brauchbar angenommen werden. Zum Frischversuch waren 264 Pfd. Roheisen und 4 Pfd. 1½ Loth feines Silber angewendet. Die Verminderung der Festigkeit dieses Eisens scheint daher eine Folge der in einem hohen Grade verminderten Schweißbarkeit desselben zu seyn, gerade so, wie dies auch bei dem rothbrüchigen Eisen der Fall ist. — Das Eisen löste sich in Königswasser vollkommen und ohne allen Rückstand auf. Die mit vielem Wasser verdünnte Auflösung gab mit Schwefelwasserstoffgas einen ungefärbten Niederschlag von Schwefel, welcher nach dem Abrösten einen Rückstand hinterließ, der mit Salpetersäure gekocht und dann mit etwas Kochsalzauflösung versetzt ward. Nur auf diese Weise ließ sich der geringe Silbergehalt des Eisens ausmitteln, welcher nach dem Gewicht des erhaltenen Hornsilbers berechnet ward. In hundert Theilen Eisen wurden auf diese Art 0,034 Theile Silber, oder

in 100,000 Theilen 34 Silber gehabt. Das Silber zeigt also dieselbe Wirkung auf das Eisen, wie der Schwefel, wenn gleich in einem etwas weniger ausgezeichneten Grade.

Rinman a. a. O. II. 54. u. ff. — Guyton Morveau in den Ann. de Chimie. XLIII. 47. — Journ. des mines, Nr. 79. p. 320. — Coulomb; Journ. de Physique. LIV. 454.

§. 248.

Nach den von Rinman angestellten Versuchen, scheint es nicht bezweifelt werden zu können, daß das Silber gegen 20 Procent Eisen aufzunehmen im Stande ist. Dagegen ist es aus den bisherigen Versuchen nicht zu ersehen, ob das Stabeisen mit geringeren Quantitäten Silber zu einer homogenen Legirung zusammengeschmolzen werden kann, oder ob überhaupt eine Legirung von vielem Eisen mit wenig Silber möglich ist. Wenn schon ein äußerst geringer Silbergehalt des Eisens von 0,034 Procent die Festigkeit dieses Metalles in einem hohen Grade vermindert, so läßt sich wohl erwarten, daß bei einem größeren Verhältniß des Silbergehaltes, in so fern ein solches stattfinden kann, eine noch größere Abnahme der Festigkeit des Eisens stattfinden wird, und daß das Silber daher der Güte des Eisens sehr nachtheilig ist.

Versuche über die Verbindung des Stahls mit Silber haben die Herren Stodart und Faraday angestellt. Es geht aus ihren Versuchen hervor, daß Stahl und Silber sich kaum mit einander durch Zusammenschmelzen in Tiegeln verbinden lassen. Hält man Stahl und Silber lange Zeit zusammen in Fluß, so erhält man eine Verbindung, welche, so lange sie sich im flüssigen Zustande befindet, vollkommen gleichartig zu seyn scheint. So wie sie aber erkaltet, werden kleine Kügelchen von reinem Silber ausgepreßt, welche sich auf der Oberfläche des Metallköniges ansammeln. Aber auch in der erhaltenen Legirung selbst, ist das Silber nicht mit dem Stahl verbunden, sondern in kleinen, durch die ganze Masse verbreiteten Verzweigungen vertheilt, so

§. 250.

Mit dem Quecksilber verbindet sich das Eisen nur unter ganz besonderen Umständen. Man soll es, nach Hrn. Aiken, verbinden können, wenn salzsaures Eisen durch Reiben mit Zink-Amalgam zersetzt wird. — Nach der Angabe des Hrn. Böttger entsteht ein Eisenamalgam, wenn in eine concentrirte Auflösung von reinem schwefelsaurem Eisenoxydul (§. 221.) Natrium-Amalgam gebracht und unter Umrühren so lange darin gelassen wird, als sich noch der Wasserstoffgas entwickelt. Das Eisen-Amalgam ist silberweiß, dickflüssig, dem Magnet folgsam, der jedoch stark seyn muß. An der Luft oxydirt es sich, indem es sich mit einer schwarzgrauen Rinde überzieht. Bei der Destillation hinterläßt es pulverförmiges Eisen, und wird es, indem man es umrührt, an der Luft erhitzt, so entzünden sich die darin befindlichen Eisenflittern, eines nach dem anderen, und verbrennen ohne Funkensprühen, aber mit vielem Glanz, zu Oxyd.

Rinman a. a. O. 133—136. Ueber die Verbindung des Eisens mit dem Quecksilber; in Kastner's deutschem Gewerbsfr. H. 1. S. 24. — Aiken, in Gilbert's Annalen. XIV. 242. — Vergl. Archiv f. Bergbau. III. 93. — Böttcher, in Erdmanns Journ. f. prakt. Chemie. I. 304.

§. 251.

Wie die Eigenschaften des Eisens durch Beimischungen von geringen Quantitäten Platin modificirt werden, ist unbekannt. Wegen der großen Strengflüssigkeit des Stabeisens sowohl, als des Platin, hat man noch keine Versuche angestellt, beide Metalle zusammenzuschmelzen. Die Herren Stodart und Faraday bemerken zwar, eine solche Legirung gemacht zu haben, allein sie erwähnen davon nur, daß diese Verbindung keine bemerkungswerthen Eigenschaften darbiete. — Die früheren Versuche von Lewis und Rinman beziehen sich nur auf das Zusammenschmelzen von Platina mit Roheisen, wobei Rinman anführt, daß das Roheisen dadurch härter und spröder

werde. Weil indeß dabei der Verbindungszustand der Kohle eigentlich nur entscheidet, so läßt sich aus jenen Versuchen nichts abnehmen.

Eine große Celebrität hat indeß die Verbindung des Platin mit Stahl durch die Untersuchungen und Versuche der Herren St. und F. erhalten. Die Legirung erfordert zwar eine sehr starke Hitze; indeß kommt das Platin, wenn es mit Stahl gemengt ist, schon bei einem Hitzgrade in Fluß, bei welchem der Stahl selbst noch nicht flüssig wird. Wenn beide Körper sich in einem völlig flüssigen Zustande befinden, so ist die Legirung vollkommen, welches Verhältniß des Platin zum Stahl man auch anwenden mag. Gleiche Gewichtstheile geben eine sehr starke Legirung, die eine vortreffliche Politur annimmt, und ihren Glanz nicht verliert, weshalb sowohl, als auch wegen der Farbe, sie sich zu Metallspiegeln eignet. Das specifische Gewicht dieser Legirung ist 9,862. — Aber auch 90 Platin und 20 Stahl gaben ein vollkommenes Metallgemisch, welches keine Neigung zum Anlaufen und ein specifisches Gewicht von 15,88 besaß. Beide Metallkönige waren schmiedbar. — Eben so wird auch aus 10 Platin und 80 Stahl ein vortreffliches Metallgemisch erhalten, welches eine hohe Politur annimmt, aber wegen des feinen Damastes zu Spiegeln nicht brauchbar ist. Die Verhältnisse des Platin, bei welchen die Anwendbarkeit des Stahls zu schneidenden Werkzeugen erhöhet wird, scheinen zwischen 1 und 3 Procent zu liegen; es scheint, daß 1,5 Procent ziemlich das beste Verhältniß ist. Alle diese Legirungen sind dem Rosten sehr wenig unterworfen, wodurch sich das Platin in seinem Verhalten zum Stahl wesentlich von den anderen Metallen unterscheidet. Eine Legirung aus 1 Theil Platin mit 99 Stahl soll zwar etwas weniger hart, aber ungleich zäher seyn. Dadurch wird diese Legirung zu allen Zwecken brauchbar, wo Festigkeit und Härte gleichzeitig begehrt werden.

Hr. Prechtl hat gezeigt, daß sich nicht allein der Stahl

sondern auch das Stabeisen, mit Platin sehr gut zusammen schweißen lassen und daß man auf diese Weise eine Art von Damascirung hervorbringen kann. Weil in diesem Gemenge die Theile des Platins mit ihrem natürlichen und unveränderlichen Glanz über dem dunklen Grunde der angelaufenen Eisen- oder Stahlstiche hervortreten, so entsteht dadurch eine eigenthümliche und sehr schöne Damascirung. Durch Umwinden der Eisen- und Stahlstäbe mit Platindrath, lassen sich die verschiedensten Zeichnungen hervorbringen und da der Platindrath, bei dem Zusammenschweißen mit Eisen und Stahl, keiner Oxydation unterworfen ist, so läßt er sich in allen Stärken und bis zur größten Feinheit ausgezogen in Anwendung bringen.

Ueber das Belegen des Eisens und Stahls mit Platinblech (Doubliren), welches einen sehr starken Druck erfordert, so wie über das Verplatiniren des Eisens und Stahls vermittelst einer Auflösung von Platin in Königswasser, sind durch Hrn. Melly Versuche angestellt worden.

Sehr wichtig kann die Erfahrung werden, daß das Eisen durch die bloße Berührung mit Platin, gegen die Oxydation an der Luft und gegen die Einwirkung der Säuren, — wenigstens bis zu einem gewissen Grade, — geschützt wird.

Rinman a. a. O. II. 39—54. — Stodart und Faraday; a. a. O. IX. 337. 338. 341. 347.

Prechtl, Damascirung des Eisens und Stahls mit Platin; in den Jahrb. d. Wiener polytechn. Inst. XVI. 94. — Melly, Versuche, das Platin auf andere Metalle zu befestigen; in Erdmanns Journ. f. prakt. Chemie XVI. 232.

§. 252.

Mit dem Kupfer verbindet sich das Eisen nur in bestimmten, noch nicht genau bekannten Verhältnissen. Das Eisen kann nur eine gewisse, wahrscheinlich nur sehr wenige Procente betragende Quantität Kupfer aufnehmen, so wie sich das Kupfer nur mit einer geringen Quantität Eisen verbinden kann. Das

Kupfer scheint auf die magnetische Eigenschaft des Eisens sehr wenig zu wirken, weil sich auch noch sehr geringe Beimischungen von Eisen bei dem Kupfer, durch die Wirkung des Magnets zu erkennen geben. — Mehre Metallurgen haben keine Verbindung beider Metalle zu Stande bringen zu können geglaubt, ob sie gleich in den mehrsten Fällen wohl wirklich zwei Verbindungen, von denen aber jede das Charakteristische des vorwaltenden Metalles beibehielt, erhalten haben mögen. So schwankend die Meinungen über das Maximum des Kupfergehalts sind, mit welchem das Eisen sich verbinden kann, so verschieden sind auch die Urtheile über den Einfluß des Kupfers auf das Eisen. Daß das Roheisen durch einen Kupfergehalt fester, härter und zäher wird, darin ist man einig. Rinman schlägt daher auch vor, das Roheisen mit etwas Kupfer zu versetzen, wenn Sachen, von denen eine große Festigkeit und Härte verlangt wird, gegossen werden sollen, z. B. Anker, Säulen, Pochstempel, Amboße, Walzen u. s. f. — Welche Wirkungen man dem Kupfer bei der Verbindung mit Stabeisen beilegen soll, darüber sind die Meinungen der Metallurgen sehr getheilt. Rinman bemerkt an einem Orte, daß ein geringer Kupfergehalt das Eisen rothbrüchig machen könne; am anderen Orte läugnet er es. Levavasseur analysirte ein rothbrüchiges Eisen, und fand Kupfer darin. Hassenfratz fand das aus der unmittelbaren Verbindung des Kupfers mit Eisen erhaltene Stabeisen sehr kalt- und rothbrüchig, indeß erwähnt er des Verhältnisses des Kupfers zum Eisen nicht. Die mehrsten praktischen Eisenhüttenmänner setzen es als bekannt voraus, daß das Kupfer das Eisen rothbrüchig mache, und daß schon ein geringes Quantum Kupfer, welches dem unvorsichtigen Frischer von der Form abbrenne, das ganze eingeschmolzene Quantum Eisen verderben könne. — Hr. Mushet schließt aus seinen Versuchen, daß sich das Stabeisen mit dem Kupfer in allen Verhältnissen verbinden läßt und bemerkt, daß die Intensität der Kupferfarbe zunimmt, bis die

Mengen beider Metalle gleich sind. Kommt mehr Eisen hinzu, so wird die Farbe blasser. Bei gleichen Mengen beider Metalle soll die Legirung große Festigkeit besitzen, ihre Härte soll mit der Menge des Eisens wachsen, aber die Festigkeit abnehmen. — Stahl, mit 10 Procent Kupfer legirt, verbinden sich vollkommen, aber man erhält einen unschmiedbaren Gußstahl. Erst wenn mehr als 30 Procent Kupfer mit Stahl legirt werden, scheint es sich abzusondern, und begiebt sich in ganz weichem und hämmerbarem Zustande auf den Boden des Tiegels. — Von der Verbindung des Kupfers mit grauem Roheisen meint Hr. M., wenn sie überhaupt möglich sey, daß sie nur in kleinen Quantitäten statt finden könne. Ein Zusatz von 5 Procent Kupfer zu dem grauen Roheisen zeige schon kupferrothe Absonderungen auf der Bruchfläche und bei 10 Procent Zusatz sonderte sich das Kupfer in Blättchen von dem geschmolzenen Regulus ab. Hr. M. glaubt daher aus allen seinen Erfahrungen schließen zu können, daß die Verbindungsfähigkeit des Kupfers mit dem Eisen in demselben Verhältniß abnehme, in welchem die Menge der Kohle im Eisen zunimmt.

Hr. Krilowski erwähnt eines Versuchs, der auf den Uralischen Kupferhütten mit Roheisenkönigen angestellt ward, welche bei der Kupferschmelzarbeit erhalten werden. Diese Könige enthalten 10, zuweilen auch 14 Procent Kupfer. Als sie bei dem Versuch in einem Flammenofen geschmolzen wurden, trennten sich Kupfer und Roheisen dergestalt, daß das Roheisen oben und das Kupfer unten, durch eine tiefer liegende Abstichöffnung abgelassen werden konnten. Das Kupfer enthielt noch 20 Procent Eisen, und das aus der oberen Abstichöffnung abgelassene Roheisen hielt ¼ bis 2 Procent Kupfer zurück.

Rinman a. a. O. II. 70 u. f. I. 496. — Levavasseur in den Annales de Chemie. XLII. 183. — Hassenfratz, Siderotechnie, III. 163. — Mushet, in London and Edinbourgh philos. Magaz. Febr. 1835, u. daraus in Erdmanns Journ.

f. prakt. Chemie. IV. 382. — Krilowski, in den Ann. des mines. 3me Serie. XVI. 197.

§. 253.

Zur näheren Prüfung der verschiedenen Meinungen über den Einfluß des Kupfers auf das Eisen, habe ich in Oberschlesien Frischversuche im Großen anstellen lassen. Bei dem ersten Frischversuch ward nur ½ Procent Kupfer als Zusatz angewendet. Die Flamme zeigte sich während der ganzen Dauer des Frischprozesses lebhaft grün. Die Luppe verhielt sich bei dem Zängen sehr derb, gaar und rein; das Eisen schmiedete sich recht gut, bekam keine Kantenbrüche, hielt auch die Proben gut aus und das Kupfer schien nicht den mindesten Rothbruch bewirkt zu haben. Der Versuch ward daher mit einem Kupferzusatz von 1 Procent wiederholt. Hier zeigte sich, daß das Eisen von der Luppe nicht gut schweißen wollte, daß die Stücke eine 3, 4, auch 5malige Hitze erhalten mußten, und dennoch stellenweise unganz blieben. Ward ein Stab in dem Augenblick, als er eine starke Hitze erhalten hatte, ins Wasser gesteckt, so schlug eine grün gefärbte Flamme aus dem Eisenstabe auf. Bei dem Probiren der acht Stäbe, welche aus dieser gut gefrischten Luppe ausgeschmiedet wurden, hielten nur 6 die Probe aus, die anderen beide zersprangen an den Stellen, wo sich Kantenbrüche gezeigt hatten. Wenn also das Stabeisen auch keine bedeutend geringere Festigkeit als sonst gewöhnlich zeigte, so war doch die Schweißbarkeit bei dem Kupferzusatz von 1 Procent bedeutend vermindert. Die Analyse zeigte, daß das Stabeisen 0,286 Procent Kupfer aufgenommen hatte, so daß dieses Metall auf die Festigkeit des Eisens nicht in dem hohen Grade, als es gewöhnlich behauptet wird, nachtheilig einwirkt, obgleich es dieselbe in einem höheren Grade, — wenigstens in diesen Verhältnissen, — vermindert, als der Phosphor.

Nach den Versuchen, die Hr. Stengel mit Stabeisen und mit Stahl angestellt hat, in welchem ein Kupfergehalt gefunden

ward, scheint die Gränze, bei welcher der Kupfergehalt einen Rothbruch hervorbringt, noch etwas höher hinauf gerückt werden zu können, indem sich erst bei einem Kupfergehalt von 0,44 Procent der Rotbruch einstellte. Diese Gränze muß indeß tiefer liegen, wenn das Roheisen, welches zur Darstellung des Stabeisens angewendet ward, aus minder guten Erzen erzeugt worden ist, wie es bei dem von mir geprüften Stabeisen der Fall war.

Ein geringer Kupfergehalt des Eisens und Stahls giebt sich schon zu erkennen, wenn man die in gewöhnlichen Frischheerden erhaltenen Luppen in dem Augenblick, wo sie aus den Heerden gezogen werden, mit Wasser übergießt, indem dann sogleich eine grüne Kupferflamme hervorbricht.

Sehr merkwürdig ist das Verhalten dieses Eisens gegen die Säuren, indem es unter ganz gleichen Umständen, wenigstens sechsmal mehr Zeit zur Auflösung in Schwefelsäure und Königswasser erfordert, als das reine Stabeisen.

Stengel; im Archiv für Geognosie, Bergbau und Hüttenwesen. X. 744.

§. 254.

Die Herren Stodart und Faraday haben keine Legirung von Kupfer und Eisen, wohl aber von Kupfer und Stahl gemacht. Sie erwähnen, daß Stahl mit 2 Procent Kupfer eine Legirung gebe, daß diese Legirung aber keine vorzüglichen Eigenschaften zu besitzen scheine. Man hat zwar an anderen Orten den so genannten Kupferstahl sehr gerühmt, indeß scheint es nicht, daß derselbe die guten Eigenschaften des gewöhnlichen guten Stahls besitzt.

Hr. Bazie empfiehlt einen Zusatz von 1 Procent Messing zum Roheisen zu gegossenen Kunstsätzen in solchen Gruben, welche ätzendes Wasser haben, durch welches die gewöhnlichen gegossenen eisernen Kunstsätze sehr angegriffen werden. Die Legirung ist härter als das Roheisen und soll daher auch zu Dampfmaschinen-Cylindern, zu gewöhnlichen Pumpenkolben und

zu anderen Maschinentheilen, welche einer beträchtlichen Reibung unterworfen sind, sehr zu empfehlen seyn. Versuche, welche auf der Gleiwitzer Hütte in Oberschlesien angestellt worden sind, haben dies bestätigt.

Stodart u. Faraday; Archiv, IX. 343. — Bazie; Archiv, VIII. 196.

§. 255.

Ungeachtet das Kupfer keine große Verbindungsfähigkeit mit dem Eisen zu besitzen scheint, so äußert es doch eine große Anziehung zu demselben, weshalb es auch zum Löthen, oder zur Vereinigung eines Stückes Eisen mit dem anderen, in den Fällen gebraucht wird, wo man eine Vereinigung durch Zusammenschweißen nicht anwenden kann. In den Fällen, wo die gelöthete Arbeit nach dem Löthen nicht wieder geglüht werden darf, bedient man sich des Messings, statt des Kupfers, wegen seiner größeren Leichtflüssigkeit, als Loth. — Die Versuche, das Eisen mit Kupfer zu übergießen, haben keinen guten Erfolg gehabt. Dagegen lassen sich Eisen und Stahl mit Kupfer belegen, wobei nur die Oberfläche vorher (durch Salmiack) vollständig gereinigt seyn muß. Die Eisen und Stahlarbeiten werden dann mit der Kupfer- (oder auch Messing-) Platte belegt und erhalten in einem Ofen einen solchen Grad der Hitze, daß sich das Kupfer mit dem Eisen durch Anschmelzen vereinigt. Hr. Poole will das Verfahren sehr anwendbar gefunden haben. — Eisen auf nassem Wege (durch Kupfervitriol) mit einer Kupferhaut zu überziehen, ist nicht rathsam, weil das Kupfer nicht fest genug haftet. Dagegen bedient man sich aber des Kupfers (oder der rothen und weißen Kupfermischungen aus Kupfer und Zink, und aus Kupfer, Zink und Arsenik), um in Eisen eingelegte Arbeiten zu machen. Das Einlegen ist ein wahres Einschmelzen des Kupfers mit Borax in die im Eisen gravirten oder geätzten Zeichnungen. — Soll dem Eisen, besonders den Gußwaaren, ein bronzeartiges Ansehen durch einen Ueberzug gegeben werden, so wendet man ein Gemenge von 2 Theilen krystallisirtem Grünspan und 1 Theil

Salmiack an, welches man in Essig auflöst, die Auflösung mit Wasser verdünnt, auf die vorher gereinigte Eisenfläche bringt, trocknen läßt und dann abreibt.

Poole, Journ. of Arts. May. 1822, daraus in den Jahrb. des Wiener polytechn. Institutes. V. 355.

§. 256.

Viel Blei soll sich nach Rinman's Versuchen wohl mit etwas Eisen verbinden können und dadurch härter werden; aber eine Verbindung von Eisen mit etwas Blei konnte Rinman nicht erhalten. Durch das unmittelbare Zusammenschmelzen beider Metalle war aber auch nicht einmal eine Verbindung des Bleies mit etwas Eisen zu Stande zu bringen, sondern diese erfolgte nur dann, wenn eine innigere Einwirkung der Metalle aufeinander bewirkt ward; sey es dadurch, daß das regulinische Eisen selbst zur Reduction des Bleyoxyds dienen mußte, oder dadurch, daß die Oxyde beider Metalle gemeinschaftlich durch Kohlenstaub reducirt wurden. — Nach Morveau's Versuchen sollen sich bei dem Zusammenschmelzen des Eisens mit Blei zwei bestimmte Verbindungen bilden, von denen die eine aus Blei besteht, welches ein wenig Eisen enthält, und die zweite aus Eisen, welches etwas Blei aufgelöst hat. Die näheren Mischungsverhältnisse giebt Morveau nicht an.

Weil das Eisen so sehr häufig aus Erzen erzeugt wird, welche etwas Bleierz mit sich führen, so ist es wichtig, das Verhalten des Bleies zum Eisen genau zu kennen. Bei dem Abstechen des Roheisens aus den Hohöfen, welche bleihaltige Eisenerze verschmelzen, kommt zuweilen der Fall vor, daß zuletzt eine Quantität Blei mit abfließt; nach dem Ausblasen findet man aber unter dem Bodensteine gewöhnlich theils regulinisches, theils oxydirtes Blei, amorph und in Krystallen; oft auch die schönsten Mennige, und nicht selten kommen Blei-Silikate vor, welche zum Theil in sehr schönen und vollkommen ausgebildeten Krystallen sich zeigen. — Mir hat die Verbindung des Eisens

mit Blei bei dem unmittelbaren Zusammenschmelzen beider Metalle niemals gelingen wollen; das Stabeisen blieb ungeschmolzen und das Roheisen jederzeit als ein weißes, durchaus nicht bleihaltiges Roheisenkorn auf dem Bleiregulus liegen; ward bei der Anwendung des Stabeisens Kohlenstaub zugesetzt, so waren reines Blei und ein reines weißes Roheisenkorn das Resultat. Wenn dagegen Glätte durch Eisen reducirt, und letzteres in größerer Menge, als zur völligen Reduction der Glätte nöthig war, angewendet ward, so entstand ein Bleiregulus, der kein Eisen enthielt, eine bleihaltige Eisenschlacke und ein weißes, nicht bleihaltiges Roheisenkorn, wenn graues oder weißes Roheisen die Reduction bewirkte. Bei dem Zusatz des reinen Stabeisens zur Glätte erhielt ich, in sehr großer Hitze, einen Bleiregulus, eine schwarze bleihaltige Eisenschlacke und einen vollkommen geflossenen Eisenkönig, welcher von allen Seiten vom Bleikönig umschlossen war. Im mittleren Durchschnitt von fünf Versuchen, welche jeder mit 100 Stabeisen und 300 Glätte angestellt wurden, erhielt ich in den stark zusammengeschmolzenen Tiegeln ein Bleikorn von 239 (statt 278,55, so daß sich 39,55 Blei mit verschlackten) und einen Eisenregulns von 22,5 (so daß sich 77,5 Eisen, welche 22,8 Sauerstoff im Minimo der Oxydation enthalten, wogegen in 239 Blei nur 17,1 Sauerstoff befindlich sind, verschlackt haben mußten). Weil der Inhalt des Tiegels seinen Sauerstoff zur Oxydation des Eisens mit hergegeben haben mußte, so stimmte das Resultat mit der Berechnung ziemlich überein, auch kann das Zubringen der äußerrn Luft, besonders im Anfange des Schmelzens, wohl nie vermieden werden; vielleicht tritt sogar die Tiegelmasse dem Eisen etwas Sauerstoff ab. Der Eisenregulus verhielt sich durchaus nicht wie reines Stabeisen, sondern er hatte ein grobes blättriges Gefüge, und ließ sich zwar pletschen, bekam aber bald Kantenbrüche und war spröde, ohne im geringsten hart zu seyn. In Salpetersäure löste er sich ohne den geringsten Rückstand auf, enthielt also keine

Kohle; die Auflösung mit ätzendem Ammoniack gesättigt und dann mit schwefelsaurem Kali versetzt, gab 2,8 Procent Bleivitriol, worin sich 2,06 Blei befinden, so daß der Eisenkönig, welcher ein ganz roheisenartigen Ansehen hatte, aus 97,94 Eisen und 2,06 Blei bestand. Der durch das Stabeisen aus der Glätte reducirte Bleikönig ward in der Hitze in Salpetersäure aufgelöst, die Auflösung möglichst neutralisirt, mit schwefelsaurem Kali versetzt, und der Bleivitriol durch Kochen abgeschieden. Die concentrirte und neutrale Flüssigkeit gab mit benzoesaurem Natron nicht einmal eine Andeutung auf Eisen, so daß das Blei für völlig eisenfrei angesehen werden muß. — Nach diesen Versuchen vereinigen sich also Blei und Eisen bei dem Zusammenschmelzen nicht; auch nimmt das Roheisen oder das kohlehaltige Eisen bei der Reduction der Glätte kein Blei in sich auf, wohl aber kann sich das reine Eisen mit 2,06 Procent Blei verbinden, wodurch es flüssiger und spröder wird, ohne härter zu werden. Das Blei hatte dagegen, wenigstens bei diesen Versuchen, kein Eisen aufgenommen, welches den Erfahrungen von Rinman und Guyton widerspricht. — Auch das sogenannte Hartblei und das aus den Bleischlacken reducirte Blei, scheint seine Härte und Sprödigkeit nicht von einem Eisengehalt zu bekommen, obgleich es gewöhnlich dafür gehalten wird, daß jenes Blei seine Härte durch eine Beimischung von Eisen erhalte.

Rinman a. a. O. II. 126. u. f. — Guyton Morveau in den Ann. de Chemie, XLIII. 47. — Journal des mines, No. 70. p. 321.

§. 257.

Es scheint daher, daß man von einem Bleigehalt der Eisenerze bei dem Verschmelzen derselben zu Roheisen nichts zu befürchten hat, weil Roheisen und Blei keine Verbindungen mit einander eingehen, und, in so fern das Stabeisen nur aus dem Roheisen gefrischt wird, auch keine Einwirkungen des Bleies auf das Stabeisen stattfinden können. Wirklich habe ich in dem,

aus sehr bleihaltigen Eisenerzen erzeugten Roheisen, niemals Blei auffinden können, so daß sich der Eisenhüttenmann über den Einfluß des Bleies auf Eisen ziemlich zu beruhigen hat. Eben dieser Meinung ist auch Rinman. Weil indeß eine Verbindung des Bleies mit Stabeisen wirklich stattfindet, und weil es eben so leicht möglich seyn könnte, daß sich das Blei auch mit Roheisen in so geringer Quantität verbindet, daß es den Untersuchungen entgeht; so sind die Versuche, den Einfluß des Bleies auf das Stabeisen durch direkte Erfahrungen zu bestimmen, sehr schätzbar. Hassenfratz suchte das Blei mit dem Eisen dadurch zu verbinden, daß er es in einem eisernen Flintenlauf von bekannter Güte einschloß, den Flintenlauf eine gehörige Zeit in Schweißhitze erhielt, und ihn dann ausschmieden ließ; — ein Verfahren, welches er auch bei dem Kupfer (§. 252.) angewendet hat, und wobei das Eisen gewissermaaßen durch die Dämpfe des eingeschlossenen Metalles cementirt ward. Da aber weder das Gewicht der Läufe vor dem Versuch, noch das Gewicht der eingesetzten Metalle angegeben ist, so verlieren diese sonst sehr interessanten Versuche um so mehr an ihrem Werth, als es bei einem großen Verhältniß des dem Eisen zugesetzten Metalles wohl möglich seyn kann, daß sich das Eisen verschlechterte, ohne daß der praktische Hüttenmann Ursache hätte, den Einfluß auf das Eisen bei seinen Operationen im Großen zu befürchten. Das auf diese Art mit Blei behandelte Eisen ließ sich kaum schmieden; es war in hohem Grade rothbrüchig und auch etwas kaltbrüchig — ein Verhalten, welches ich in Zweifel ziehen und den Rothbruch von einer anderen zufälligen Ursache ableiten mögte. Daß das Blei das Eisen etwas leichtbrüchiger in der Kälte macht, muß ich, nach dem Erfolge einiger Frischversuche im Großen, welche ich in Oberschlesien, theils mit einem Zusatz von Blei, theils mit Glätte habe anstellen lassen, ebenfalls bezweifeln, weil das erhaltene Stabeisen sich eben so gut und fest verhielt als gewöhnlich, so daß diese Versuche nicht im

mindestens auf einen Einfluß des Bleies auf das Eisen hindeuten. Das Stabeisen zeigte aber auch bei der Analyse keine Spur eines Bleigehaltes, der sich durch Schwefelwasserstoff leicht würde haben entdecken lassen. Zu den Frischversuchen ward ein Zusatz von 1 Procent Blei, und ein zweites Mal von 1 Procent Glätte angewendet. Auch bei der Wiederholung des Versuches mit 2 Procent Glätte, ließ sich keine Veränderung in der Beschaffenheit des Eisens bemerken.

Rinman a. a. O. I. 497. — Hassenfratz, Siderotechnie. III. 162.

§. 258.

Mit dem Zinn läßt sich das Eisen zwar in allen möglichen Verhältnissen zusammenschmelzen; allein nach Bergman's Versuchen entstehen dabei immer zwei bestimmte Verbindungen: die eine aus 21 Theilen Zinn und 1 Eisen, und die zweite aus 2 Theilen Eisen und 1 Zinn. Die erste ist hämmerbar, härter als Zinn aber nicht so glänzend; die zweite läßt sich wenig hämmern, und ist zu hart, um sich mit dem Messer fleischen zu lassen. Das zinnhaltige Eisen, welches durch Zusammenschmelzen des Roheisens mit Zinn erhalten wird, hat nach Rinman's Versuchen ein eben so feines Korn wie Gußstahl, nimmt eine vortreffliche Politur an, ist sehr hart, ohne leicht Kantenbrüche bei dem Schlagen zu erhalten, rostet nicht so leicht als Roheisen, hat einen bessern Klang als dieses, weshalb Rinman ein Gemisch aus Eisen und Zinn zu allerlei kleinen Verzierungen, zu Stahlspiegeln und zu Glocken vorschlägt, vorzüglich weil es leichtflüssiger ist als das bloße Roheisen. — Hr. Lassaigne hat Gelegenheit gehabt, eine aus Zinn und Eisen bestehende Legirung zu untersuchen, welche sich am Boden gußeiserner Retorten bildet, in denen, in einer Fabrik zu Charenton, Spiegelfolie destillirt wird, um das Quecksilber daraus wieder zu gewinnen. Diese Legirung findet sich unter dem geschmolzenen Zinn, als eine wenig schmelzbare Substanz. Sie bildet

sich wahrscheinlich durch den Contact des Zinnes mit den dunkelrothglühenden Wänden der eisernen Retorte. Die Legirung bildet kleine vierseitige Nadeln von dem Glanze des Gußstahls, die sich an der Luft nicht verändern, eine bedeutende Sprödigkeit besitzen und erst in der Weißglühhitze schmelzen. Das specifische Gewicht bei + 18° C ist 8,733. Salzsäure löst die Legirung in der Kälte nicht auf, aber in der Wärme unter Entwickelung von Wasserstoffgas. Salpetersäure macht weder in der Wärme noch in der Kälte einen Angriff, dagegen wird sie von Königswasser leicht aufgelöst. Sie besteht aus 57,9 Eisen und aus 42,1 Zinn. — Welchen Einfluß ein geringer Zinngehalt auf die Beschaffenheit des Stabeisens habe, darüber hat man zeither noch keine entscheidende Versuche angestellt. Hassenfratz bewirkte eine Verbindung des Zinnes mit Eisen auf die vorhin (§. 257.) angeführte Art, und fand, daß sich das mit Zinn imprägnirte Eisen durchaus nicht schmieden ließ, sondern zerstäubte. Eine Tafel Weißblech zwischen zwei Tafeln Schwarzblech gestellt und zusammengeschweißt, brachte dieselbe Wirkung hervor. Ich habe in Oberschlesien einen Frischversuch im Großen, mit einem Zusatz von dem reinsten englischen Zinn machen lassen, wobei sich ergab, daß das Zinn (welches 1 Procent vom zu verfrischenden Roheisen betrug) zwar das Eisen nicht eigentlich rothbrüchig machte, indem es sich sehr gut schmieden ließ, obgleich es weißglühend beständig weiße Dämpfe ausstieß, die sich auch als ein weißer Beschlag am Hammer und am Amboß anlegten; daß das Eisen aber in starker Hitze unter dem Hammer leicht auseinander fiel, daß es, um ganz zu werden, mehre Schweißhitzen erhalten mußte, daß es an der Schweißbarkeit sehr verloren hatte, und ganz besonders daß es in einem hohen Grade kaltbrüchig geworden war. Kein einziger Stab hielt die Probe aus, sondern alle zersprangen schon bei dem Werfen über den Amboß in mehre Stücken. Die Analyse ergab, daß dieses völlig unbrauchbar gewordene Eisen nur 0,19

Procent Zinn aufgenommen hatte, woraus hervorgeht, daß Zinn die Festigkeit des Eisens in einem hohen Grade vermindert. Bei einem Gehalt von 0,19 Procent Phosphor würde die Abnahme der Festigkeit des Eisens noch gar nicht zu bemerken gewesen seyn. — Der Eisenhüttenmann wird sich also vor dem Zinn sehr zu hüten haben, vorzüglich bei Zugutemachung des alten Eisens.

Die Herren Stodart und Faraday bemerken bei ihren schätzbaren Versuchen nur, daß Zinn und Stahl sich legiren lassen, daß die Legirung aber keine vorzüglichen Eigenschaften zeige.

Rinman a. a. O. I. 496. II. 103. u. f. — Bergman de ferro et stanno igne commixtis, in seinen Opusc. phys.-chem. II. 471. — Hassenfratz, l. c. III. 163. — Stodart u. Faraday; Archiv f. Bergbau IX. 343. — Lasseigne, im Journ. de chimie méd. Ann. VI. 609.

§. 259.

Die Verwandtschaft des Zinnes zum Eisen, welche sich schon in einer Temperatur äußert, in der das Zinn allein zum Schmelzen kommt, indem es alsdann am Eisen haftet, giebt ein vortreffliches Mittel, Eisen mit Zinn zu überziehen und es dadurch gegen den Rost zu sichern, es auch gegen die Angriffe schwacher Säuren, welche das Eisen, aber nicht das Zinn angreifen, zu schützen. Das Ueberziehen des Eisens mit Zinn, oder das Verzinnen, wird am häufigsten bei geschmiedetem Eisen angewendet. Das Roheisen läßt sich ebenfalls verzinnen, und man hat auch mehrfach eine Anwendung von den verzinnten gegossenene Geschirren gemacht; indeß erfordert die Verzinnung des Gußeisens besondere Kunstgriffe und dennoch fällt die Verzinnung bei gegossenem Eisen niemals so gut aus, als bei geschmiedetem. Das weiße Roheisen läßt sich wegen seiner Sprödigkeit zu Gefäßen nicht anwenden, das graue aber, welches sich wegen seiner chemischen Beschaffenheit besser als das weiße Roh-

eisen zum Verzinnen eignen würde, erhält durch die Graphit-Blättchen eine poröse Oberfläche, auf welcher das Zinn nicht gut, wenigstens nicht gleichförmig haften will. Durch Beizen allein richtet man bei dem Verzinnen des Roheisens nichts aus, sondern es muß abgedreht werden, um die Graphitblättchen durch die überwiegende Grundmasse des grauen Roheisens zu bedecken. — Das Verzinnen der geschmiedeten eisernen Bleche ist eine specielle Betriebspartie für den praktischen Hüttenmann, welche weiter unten abgehandelt werden wird. Die Theorie des Prozesses ist sehr einfach, und beruht darauf, daß sich das metallische Zinn mit dem metallischen Eisen in einer angemessenen Temperatur verbindet. Eine völlig reine, vollkommen metallische Fläche des zu verzinnenden Bleches ist zwar so schwierig nicht zu bewirken; allein die Darstellung von spiegelnden Flächen hat ihre eigenthümliche Schwierigkeiten. — Das Verzinnen eiserner und stählerner Dräthe läßt sich in eben der Art bewerkstelligen, wie das Verzinnen der Eisenbleche. Wenn aber ganze Drathgewebe verzinnt werden sollen, so werden dieselben zuerst in verdünnter Säure gebeizt, mit einer Bürste in reinem Wasser abgewaschen, sodann in das geschmolzene Zinn getaucht und nach Verlauf von 2 bis 3 Minuten wieder herausgezogen, das zwischen den Maschen des Gewebes haftende Zinn aber ganz einfach durch Anschlagen mit einem Holzstabe abgelöst. Werden die verzinnten Drathgewebe durch Walzen geführt, die aber nicht so stark zusammengeschraubt sind, daß eine Streckung erfolgt, so erhalten sie eine schönere Fläche und eine größere Steifigkeit. Verzinnte Drathgewebe sind dem Orydiren an der Luft nicht aussetzt und lassen sich daher zu manchen Zwecken anwenden. — Die Kunst, der Oberfläche des verzinnten Eisenbleches ein krystallinisches, glänzendes Ansehen zu geben und diesen krystallinischen Bildungen fast jede beliebige Richtung und Form zu ertheilen, ward im Jahr 1815 von Hrn. Alard entdeckt. Der Erfinder nannte die so zubereiteten verzinnten Eisenbleche, deren

Anwendung und Anfertigung sich rasch durch ganz Europa verbreitete, Moiré métallique.

Rinman a. a. O. II. 120. u. f. 780. u. f. — Ueber die Anfertigung des moiré métallique; Archiv für Bergbau. VIII. 378.

§. 260.

In England werden jetzt verzinnte gegossene eiserne Gefäße aller Art häufig angefertigt. Die Versendung solcher Gefäße nach Amerika und Ostindien ist so bedeutend, daß sie mehre Gießereien, zum Theil von bedeutender Ausdehnung, fortwährend beschäftigt. Die Gefäße werden möglichst schwach, aus grauem Roheisen, durch Umschmelzen in Kupolöfen erhalten, in Sandformen gegossen und demnächst in einem gewölbten Ofen zwischen zerkleinerten Koaks geglüht, nicht bloß um ihnen durch das Adouciren eine größere Festigkeit zu geben, sondern auch um sie zur Aufnahme des Zinnes geeigneter zu machen. Nach dem Ausglühen, welches bei Rothglühhitze geschieht und etwa 24 Stunden lang fortgesetzt wird (§. 135.), werden die Gefäße inwendig abgedreht, um das Zinn demnächst gleichförmiger aufzunehmen. Von der Wahl des Roheisens ist die gute Verzinnung ungemein abhängig. Das Roheisen muß dünn fließen, und bei einem nicht zu gaaren Gange des Ofens dargestellt seyn, weil sonst poröse, — mit Graphitblättchen ausgefüllte, — Stellen entstehen, die bei dem Ausdrehen nicht wegzubringen sind und welche das Zinn entweder gar nicht oder nur theilweise und unvollkommen aufnehmen. Zum Verzinnen wird reines Zinn angewendet, welches in einer verhältnißmäßig großen und flachen Zinnpfanne, die über einem Kohlenbecken angebracht ist, im geschmolzenen Zustande erhalten wird. Die Temperatur des geschmolzenen Zinnes darf nicht die Höhe erlangen, bei welcher die Oberfläche gelb, oder gar blau angelaufen erscheint, sondern sie muß während des Verzinnens immer eine silberweiße Farbe behalten. Dee abgedrehten Gefäße müssen in einem trockenen

Raum und in einem ganz gereinigten Zustande aufbewahrt werden, damit sie nicht Rostflecke erhalten. Vor dem Verzinnen werden einige Gefäße immer so weit angewärmt, daß sie das Zinn, bei dem Eintauchen in die Zinnpfanne, nicht zu sehr abkühlen. Niemals muß die Hitze bei dem Anwärmen bis zu dem Grade gesteigert seyn, daß die Gefäße gelb oder blau anlaufen, weil sie dann kein Zinn annehmen würden. Sind die Gefäße zu kalt, so setzt sich das Zinn, bei dem Eintauchen in die Pfanne, zwar sehr dick und stark an, aber es findet keine innige Verbindung zwischen dem Zinn und dem Eisen statt, so daß man genöthigt ist, das Gefäß so lange in der Zinnpfanne zu lassen, bis es die Temperatur des geschmolzenen Zinnes angenommen hat. Das Auftragen des Zinnes geschieht mittelst eines 2 Zoll starken Korkpfropfens, welcher an einer kleinen Zange befestigt ist. Man schöpft, — je nach der Größe des zu verzinnenden Gefäßes, — 2 bis 6 Loth Zinn aus der Pfanne in das Gefäß, streut sogleich etwas gepulverten Salmiack darauf und reibt mittelst des Korkpfropfens das flüssige Zinn mit dem Salmiackpulver stark gegen die Wandungen des Gefäßes. Das Zinn verbindet sich dann zwar sogleich mit der Eisenfläche, bildet aber noch keinen gleichförmigen Spiegel, sondern haftet unregelmäßig und in ungleicher Stärke an verschiedenen Stellen. Das Gefäß wird daher sogleich in das fließende Zinn getaucht und beim Herausziehen nimmt man zugleich so viel flüssiges Zinn mit auf, daß es in dem Gefäß nach allen Richtungen umhergeschwenkt werden kann. Dies Schwenken erfordert viel Uebung und es hängt davon die gleichförmige Beschaffenheit der Verzinnung ab. Das Zinn, welches sich nach dem Umherschwenken mit der Fläche des zu verzinnenden Gußstücks nicht verbunden hat, wird in die Pfanne zurück gegossen, wobei man aber schnell verfahren muß, um das anhaftende Zinn bis zu dem Augenblick noch fließend zu erhalten, wo das Gefäß durch das Eintauchen in kaltes Wasser schnell abgekühlt wird. Bei diesem

Eintauchen darf das Wasser jedoch die innere verzinnte Fläche des Gefäßes nicht, sondern nur die äußere Fläche des Bodens berühren. Zwar kann man das Wasser auch unmittelbar auf das Zinn bringen, allein die Zinnfläche fällt dann nicht so glatt und glänzend aus, als bei dem bloßen Berühren der äußeren Bodenfläche des Gefäßes durch das Wasser. Statt des Wassers läßt sich im letzten Fall auch stark angefeuchteter Sand anwenden, indeß muß dann das Anfeuchten oft wiederholt werden. Nach dem Erkalten der Gefäße wird die innere verzinnte Fläche mit geschlemmter Kreide und mit wollenen Ballen gereinigt und die äußere Fläche mit einer Schwärze überzogen. Weil die äußere Seite der Gefäße nicht abgedreht wird, so bleiben diese Flächen ohne alle Verzinnung

§. 261.

Obgleich sich die Oberfläche des Eisens mit Zink überzieht, wenn man es in geschmolzenes Zink eintaucht, woraus also eine Verwandtschaft des Zinks zum Eisen hervorgeht, so ist doch eine künstliche Verbindung des Zinks mit Eisen, durch das Zusammenschmelzen beider Metalle, oder durch die gemeinschaftliche Reduction aus ihren Erzen, sehr schwierig. Rinman hält sich aus seinen Versuchen zu der Angabe berechtigt, daß das Zink das Eisen weicher und spröder mache, daß aber eine wirkliche Verbindung des Zinks mit Eisen zweifelhaft sey. In späteren Zeiten hat Gmelin fruchtlose Versuche angestellt, beide Metalle durch Zusammenschmelzen mit einander zu vereinigen. Eine Reduction des Zinkoxyds durch Eisen kann nicht stattfinden, weil das Eisen den Zinkblumen den Sauerstoff nicht entzieht; versucht man aber die Reduction des Zinkoxyds durch Roheisen, wegen des Kohlegehalts desselben, zu bewirken, so erhält man gefrischtes Roheisen, und die metallischen Zinkdämpfe entweichen aus dem Tiegel, der größte Theil des Oxyds verschlackt sich aber mit einem Theil Eisen zu einer dunkelbläulich-schwarzen Schlacke. In neueren Zeiten hat Hr. Hollunder

mehre Versuche über die Verbindung des Zinks mit dem Eisen angestellt. — Nur in gegossenen eisernen Kesseln, in welchen das Einschmelzen des bei der Zinkfabrikation erhaltenen körnigen Zinkes geschieht, um die geschmolzene Masse in Formen, zu Tafeln oder zu Platten auszugießen, entsteht mit der Zeit und bei lange fortgesetztem Gebrauch der Kessel, wirklich eine chemische Verbindung zwischen dem Zink und dem Eisen, welche die Wände des Kessels oft in der Stärke eines Zolles und darüber bekleidet und zuletzt die Kessel unbrauchbar macht, indem sie zuletzt vom Zink durchbohrt werden. Hr. Herapath hat eine solche Legirung untersucht, die ein specifisches Gewicht von 7,172 hatte und aus 92,6 Zink und 7,4 Eisen besteht. So viel Eisen habe ich in solchen Legirungen niemals, sondern nur 4 bis 4½ Procent gefunden, indeß scheint es, daß diese Legirungen mehr ein Gemenge als ein Gemisch zu nennen sind und daß sie daher eine sehr verschiedene Zusammensetzung haben können. Die Legirung ist bedeutend strengflüssiger als das Zink, aber auch viel fester in der gewöhnlichen Temperatur.

Rinman a. a. O. II. 205. u. f. — Gmelin, über die Vereinigung des Zinks mit Eisen, in v. Crell's Annalen für 1785. I. 195—228. f. 1738. I. 485—493. — Hollunder, Versuche über die Verbindung des Zinks mit dem Eisen; in Schweigger's Journal für Chemie und Physik. XXXIII. 41 bis 61. und 166—195. — Herapath, in dem Philos. Magaz. Sept. 1823. Nr. 305. p. 168.

§. 262.

In manchen Gegenden werden zinkhaltige Eisenerze verschmolzen, so daß es für den Hüttenmann wichtig ist, von dem Verhalten der etwa entstehenden Verbindung des Zinks mit Eisen und von dem Einfluß des ersteren auf letzteres näher unterrichtet zu seyn. Daß der größte Theil des Zinkgehalts als Oxyd ausgeschieden und in Dämpfen verjagt wird, beweist das Rauchen der Hohöfen, welche zinkische Erze verschmelzen,

und die Farbe der Gichtflamme. Je größer die Hitze der Oefen ist, desto stärker ist der Dampf, desto schöner die Farbe der Flamme. Ein großer Theil der Dämpfe schlägt sich indeß in der oberen Gegend des Schachtes, wegen der dort stattfindenden Abkühlung, wahrscheinlich als ein Gemenge von Oxyd und von regulinischem Zink nieder, und zwar desto schneller und in desto größerer Menge, je geringer die Hitze des Ofens ist, füttert den Schacht einige Fuß tief ringförmig aus, und bildet den sogenannten Ofenbruch (Schwamm in Schlesien), worin man, wenn die Erze zugleich bleihaltig sind, häufig viele regulinische Bleikörner zerstreut findet. Durch dies Ansetzen des Ofenbruchs werden die Schächte nach und nach auf der Gicht so verengt, daß man den Ansatz von Zeit zu Zeit losbrechen muß, um ihn als ein vorzüglich reiches Zinkerz auf Zink zu benutzen. Die Erfahrung, daß der Hohofen in seinem Gange gestört wird und schlechtes Roheisen liefert, wenn bei dem Brechen des Schwammes zu viel davon in den Ofen fällt, sollte zwar auf eine Verbindung des Zinks mit Eisen und auf die nachtheiligen Wirkungen des Ersteren schließen lassen; allein es scheint doch wirklich, daß der üble Einfluß, den der Ofenbruch auf den Gang des Ofens ausübt, nur von der Abkühlung herrührt, welche durch die Verflüchtigung des zwischen den glühenden Kohlen sich wieder reducirenden Ofenbruchs bewirkt wird. — Daß sich das Zink mit wenig Eisen verbindet, ist nicht zu bezweifeln, indem sich fast kein ganz eisenfreies Zink finden läßt. Sogar das durch die Destillation des Gallmei gewonnene Zink enthält immer Eisen in einem Verhältniß, welches einen Eisengehalt von ¼ Procent schwerlich jemals überschreitet. Das Zink wird durch die Verbindung mit Eisen härter und spröder, und unter gewissen Umständen, bei dem Schmelzen in eisernen Kesseln in sehr starker Hitze und bei dem langsamen Erkalten in diesen Kesseln, so hart, daß es sich pulvern läßt.

Selb, über in einem Hohofen gefundenes Zink; in Gehlen's

Journ. f. Chemie und Physik, VIII. 187. u. f. — **Boüesnel** mémoire sur un produit métallurgique, qui se forme dans quelques haut-fourneaux; im Journal des mines Nr. 169. p. 36—50. 79. — **Grignon**, sur la découverte de la Cadmie des forges a fer; in dessen mémoires de Physique sur l'Art de fabriquer le Fer. Paris 1775. p. 274 bis 295. — E. A. **Anthon**, Analyse eines Hohofenbruchs; in Erdmann's und Schweigger Seidl Journ. f. prakt. Chemie Bd. IX. S. 4.

§. 263.

Um den Einfluß des Zinks auf Eisen bei der Darstellung des Roheisens in Hohöfen genauer kennen zu lernen, habe ich auf der Königshütte in Oberschlesien in einem von den dortigen, mit Koaks betriebenen Hohöfen ein Probeschmelzen mit 320 Centnern Gallmei, der nach einer Probedestillation 16 Procent Zink, und nach der kleinen Eisenprobe 31 Procent Eisen hielt, und damals für die Benutzung auf Zink zu arm war, ohne Zusatz von anderen Eisenerzen verschmelzen lassen. Der Ofen dampfte außerordentlich stark, und die bläulichgrüne Farbe schlug zwölf bis funfzehn Fuß über der Gicht heraus. Es nasete vor der Form zwar sehr stark, weil man aber schon im Voraus die starke Abkühlung des Ofens befürchtete, so hatte man sich mit den Sätzen gleich so eingerichtet, daß man die Fortdauer eines guten gaaren Ganges erwarten konnte. Wirklich erreichte man durch diese Vorsicht auch einen so hitzigen Gang, daß die dunkelblaue Schlacke oft steinig ward. Die Flamme vor dem Tümpel zeigte eine schwache Zinkfarbe. Das Eisen schien bei dem Abstich sehr hitzig, hatte bei dem Fließen das Ansehen des besten grauen Eisens; aber es war **sehr roth** und erstarrte **bald**, so daß die Formen bei aller anscheinenden Hitze des Eisens kaum auslaufen wollten. Das äußere Oberflächen-Ansehen der Gußstücke bei dem Erkalten war ganz anders als bei gutem Eisen, denn es hatte sich eine Haut gebildet, welche auf eine schnelle Oxydation bei dem Erkalten schließen ließ, obgleich viele Gruben

und Punkte, sogar starke Höhlungen unter der äußeren Schale des Eisens, die große Hitze, welche dasselbe gehabt haben mußte, durch das starke Schwinden bei dem Erkalten bewiesen. Auf dem Bruch war das Roheisen vollkommen körnig, glänzend-metallisch und hatte das Ansehen des guten grauen Roheisens. Es war sehr weich, ließ sich nicht leicht zerschlagen, sondern gab den Schlägen nach; aber es verhielt sich sehr mürbe, und bröckelte, wenn es zerschlagen war, leicht ab, so daß es schien, als wenn die einzelnen Körner keinen starken Zusammenhang hätten. Bei dem Abstechen verbreitete es keinen Geruch, zeigte auch keine Flamme. Der Ofen blieb im Gaargange; als die Probe aber schon zwei Tage vorüber war, fing er mit einem Male an, sehr stark aus der Gicht und aus dem Vorheerde zu dampfen; vorzüglich hatte die Flamme bei dem Tümpel das Ansehen der gewöhnlichen Zinkflamme. Es trat bei demselben Erzsatz bald ein übersetzter Gang ein, und es erfolgte weißes, mattes Eisen, wobei es außerordentlich nasete, im Vorheerd hart ward, und poröse schwarze Schlacken entstanden. Dieser Zustand dauerte fünf Tage lang, und der Ofen konnte nur mit Mühe gerettet werden. — Das bei der Probe erhaltene Roheisen ward auf der Creuzburger Hütte unter der Aufsicht des sehr geschickten Oberhütteninspectors Herrn Paul verfrischt. Es schmolz ziemlich roh ein, gab sehr viele und hitzige Rohschlacke, und bewirkte eine helle, weiße Flamme, die oft ins Bläuliche oder Gelbliche spielte. Nach dem Einschmelzen ließ man die Schlacke absichtlich auf dem eingeschmolzenen Eisen erkalten, wobei häufig helle, weißlichgelbe Flämmchen mit einem kleinen Geräusch durchbrachen. Nach dem Aufbrechen gaarte das Eisen sehr bald, und es durfte sogar nur einmal roh aufgebrochen werden. Es erfolgte sehr wenig Gaarschlacke; das Eisen ging im Feuer immer trocken, und erforderte viel Hammerschlag, welches dem Verhalten des Koakeisens ganz entgegen ist, indem dieses immer viele und flüssige Schlacken giebt. Zum Anlaufen eignete es sich

vorzüglich gut und verhielt sich unter dem Hammer so weich, daß man das Durchschlagen desselben hätte befürchten müssen, wenn es neben der Weichheit nicht auch äußerst zähe und fest gewesen wäre. Vom Roth- und Kaltbruch war nicht eine Spur zu bemerken.

Die mit dem Roheisen vorgenommene Analyse gab wirklich einen geringen, obgleich ganz unbestimmbaren Zinkgehalt zu erkennen; aber in dem aus diesem Roheisen gefrischten Stabeisen ließ sich auch nicht einmal eine Spur von Zink auffinden. — Man kennt zwar noch kein zuverlässiges Mittel, kleine Quantitäten Zink, welche mit vielem Eisen verbunden sind, aufzusuchen, weshalb es auch noch zweifelhaft bleibt, ob das Eisen, welches sich bei der Analyse als ganz rein und frei von einer Beimischung von Zink zu erkennen giebt, nicht wirklich noch einen geringen Zinkgehalt besitzen mögte; allein dieser Gehalt dürfte doch nur sehr unbedeutend seyn, besonders weil er sich durch eine Veränderung der physikalischen Eigenschaften des Eisens nicht zu erkennen giebt. Die Trennung vom Eisen konnte nur durch Auflösen des Eisens in Königswasser, durch Niederschlagen desselben mittelst Ammoniack und durch lange anhaltendes Digeriren mit Ammoniack bewerkstelligt werden, wobei es ungewiß bleibt, ob sich so geringe Quantitäten Zinkoxyd durch Ammoniack vollständig vom Eisenoxyd trennen lassen.

§. 264.

Nach diesen Erfahrungen scheint es wohl, daß der Einfluß des Zinks auf die Beschaffenheit des Stabeisens durchaus nicht nachtheilig ist. Zur größeren Ueberzeugung habe ich indeß auch ein Probefrischen mit gewöhnlichem Roheisen und einem Zusatz von regulinischem Zink, und von gewöhnlichem Roheisen mit reinem Zinkoxyd, ebenfalls unter Aufsicht des Herrn Ober-Inspector Paul — dessen Sachkunde und Genauigkeit mich in den Stand setzten, die Frischversuche im Großen in einem Grade der Zuverlässigkeit ausführen zu lassen, der mir nichts

zu wünschen übrig ließ — anstellen lassen. Das erhaltene Stabeisen zeigte ebenfalls nicht die geringste fehlerhafte Beschaffenheit, und in diesem Stabeisen ließ sich durch die Analyse keine Spur von Zink entdecken. — Auch Rinman spricht das Zink von jedem nachtheiligen Einfluß auf das Eisen frei. Hassenfratz hat dagegen bei seinem, auf die vorhin (§. 257.) bemerkte Art ausgeführten Versuch gefunden, daß sich das mit Zink behandelte Eisen zwar gut schmieden lasse, daß es aber doch etwas roth- und kaltbrüchig sey. Ob diese Fehler durch die Art, wie die Versuche angestellt sind, entstanden, muß ich unentschieden lassen, aber aus den angeführten eigenen Versuchen den nachtheiligen Einfluß des Zinks auf das Eisen bezweifeln. — Den Einfluß, welchen die verschmolzenen, sehr zinkischen Erze auf den Gang des Ofens hatten, kann man eben so wenig als eine unmittelbare Folge des Zinkgehalts der Erze ansehen, sondern muß den eintretenden matten Gang vielmehr als eine Folge der durch die Entwickelung der vielen Zinkdämpfe entstandenen Abkühlung des Ofens betrachten.

Rinman a. a. O. I. 498. — Hassenfratz l. c. III. 163.

§. 265

Durch Zink läßt sich dem Eisen nur ein unvollkommener Ueberzug mittheilen, weil das Zink schon eine hohe Temperatur zum Schmelzen erfordert, sich leicht verflüchtigt, wenn es über dem Schmelzpunkt erhitzt ist und weil die Decken von Salmiack oder Kolophonium immer nur einen unvollständigen Schutz gewähren. Das Zink bedeckt sich dann leicht mit Oxyd, welches die Oberflächen des zu verzinkenden Eisens überzieht und die Verzinkung ungleich und wenig haltbar macht. Dennoch hat man in neuerer Zeit die Bedeckung des Eisens mit Zink sehr angepriesen und das verzinkte Eisen mit dem Namen des galvanisirten Eisens belegt. Man setzte dabei voraus, daß das verzinkte Eisen durch seinen Ueberzug in einem hohen Grade gegen die Einwirkungen der Atmosphäre werde geschützt werden,

indem eine Art von galvanischer Einwirkung beider Metalle auf einander angenommen ward. Um den Schutz noch vollkommener zu machen, und zugleich um die Mangelhaftigkeit der verzinkten Flächen zu verbessern, wurde das Verzinnen des verzinkten Eisens ganz besonders empfohlen. Das Schmelzen des Zinkes muß in thönernen, oder wenigstens in mit Thon überzogenen gußeisernen Gefäßen vorgenommen werden. Größere Gegenstände von Eisen, die verzinkt werden sollen, werden in das mit einer Decke von Salmiack oder Kolophonium versehene Zinkbad gebracht, wobei man eine zu hohe Temperatur des Zinkes möglichst zu vermeiden hat. So wie die Gegenstände aus dem Zinkbade kommen, werden sie, noch ehe der Zinküberzug völlig erstarrt ist, in Wasser geworfen, aber bei dem Herausziehen augenblicklich abgetrocknet. Ehe die verzinkten Gegenstände zum Verzinnen abgegeben werden, muß man sie mit einem in schwacher Salzsäure getauchten Schwamm überwischen. — Kleinere Gegenstände backen, wenn sie aus dem Zinkbade genommen werden, leicht zusammen und müssen daher durch Glühen im Flammenofen von dem überflüssigen Zink befreit werden. Das Verzinken des Eisens scheint jedoch den Erwartungen wenig entsprochen zu haben, weil ein Ueberzug von Zinn fast denselben Schutz gewährt, leichter zu bewerkstelligen ist und den äußeren Flächen ein schöneres Ansehen giebt.

Man hat auch sogenanntes galvanisches Pulver bereitet, um Eisen und Stahl gegen das Rosten zu schützen. Dies galvanische Pulver ist eine Legirung von Zink, welches mit 10 Procent Eisenfeilspänen (die mit Salzsäure befeuchtet sind) zusammengeschmolzen wird. Man erhält dabei, wie schon vorhin erwähnt, eine sehr spröde Masse, die sich zu feinem Pulver zerkleinern läßt. Von diesem galvanischen Pulver macht man in verschiedener Art eine Anwendung. Zuerst als Firnißüberzug, indem das Pulver in Oel oder in Steinkohlentheer eingerührt, und mit diesem Gemenge die Oberfläche der Eisenwaaren be-

Procent Antimon zusetzen und das Antimon dann die Frischarbeit mit durchgehen, welches Verfahren bei allen Frischversuchen befolgt worden ist. Das Antimon äußerte sich, ungeachtet seiner größeren Flüchtigkeit, welche eine geringere Einwirkung hätte erwarten lassen sollen, noch weit nachtheiliger für die Güte des Stabeisens als das Zinn. In der Schweißhitze war dasselbe Rauchen des Eisens bemerkbar, wie bei dem Zinn, allein das Stabeisen verhielt sich noch weit brüchiger und ließ sich nicht allein in der Kälte mit großer Leichtigkeit zerschlagen, sondern es war auch rothbrüchig. Das Eisen hatte nicht allein seine Schweißbarkeit in einem hohen Grade verloren, sondern es war auch so überaus kaltbrüchig geworden, daß die Stäbe schon bei dem Ausschmieden unter dem Hammer zersprangen. — Diese Erfahrung wird durch Hassenfratz's Versuch bestätigt, wonach sich das mit Spiesglanz behandelte Eisen nur sehr schwer schmieden läßt, obgleich es mit der Zeit zum Schweißen gebracht wird, und sich dann roth- und kaltbrüchig verhielt. — Die Analyse ergab einen Antimongehalt dieses Stabeisens von nur 0,23 Procent, oder es befinden sich in 10,000 Theilen Eisen 23 Theile Antimon. — Von einer Eisenhütte erhielt ich eine Probe von Stabeisen, welches sich durch einen hohen Grad von Kaltbruch unvortheilhaft auszeichnete. Man schrieb den Mangel an Festigkeit bei diesem Eisen einem Gehalt an Arsenik zu; aber die Analyse ergab, außer einem höchst unbedeutenden Schwefelgehalt, und außer einem Phosphorgehalt von 0,38 Procent, welcher den Kaltbruch des Eisens auf keine Weise in einem bedeutenden Grade bewirken konnte, einen Gehalt von 0,114 Procent Antimon, und dieser konnte für völlig zureichend erachtet werden, dem Eisen eine kaltbrüchige Eigenschaft mitzutheilen. — Glücklicher Weise sind die Antimonerze höchst seltene Begleiter der Eisenerze. Wenn sie aber vorkommen und durch Handscheidung nicht ausgehalten werden können, so giebt es kein

Mittel, den Kaltbruch des daraus zu erzeugenden Eisens zu heben.

Rinman a. a. O. I. 497. II. 193 u. f. — Hassenfratz l. c. III. 162.

§. 268.

Auch mit dem Arsenik scheint sich das Eisen in allen Verhältnissen zu verbinden, wodurch es spröder, härter und leichtflüssiger wird. Daß das Eisen durch einen geringen Zusatz von Arsenik schon seine magnetischen Eigenschaften verliere, ist ungegründet, indem dazu wenigstens gleiche Theile von beiden Metallen erforderlich sind. Wenig Arsenik theilt dem Eisen, nach Bergman's Erfahrungen, keine nachtheiligen Eigenschaften mit, und macht es weder roth- noch kaltbrüchig. Durch Glühen läßt sich das Arsenik nicht gänzlich vom Eisen trennen, und eben so wenig durch wiederholtes Schmelzen mit Kohlenstaub. Nach Bergman's Erfahrungen würde zwar der Eisenhüttenmann von den arsenikalischen Eisenerzen nicht viel zu befürchten haben, wenn er dergleichen verschmelzen müßte; allein Rinman behauptet, daß das Eisen seine Geschmeidigkeit verliere, wenn ihm auch nur sehr wenig Arsenik zugesetzt wird. Hassenfratz hat das Arsenik auf die oft angegebene Art mit dem Eisen zu verbinden gesucht, und gefunden, daß sich das Eisen ziemlich gut in der Glühhitze schmieden, aber nur sehr schwer schweißen ließ, daß es während der Arbeit einen starken Knoblauchgeruch verbreitete, und daß es sich mehr roth- als kaltbrüchig verhielt. Nach den Versuchen, welche ich in Oberschlesien habe anstellen lassen, bewirkte der Arsenikzusatz bei dem Verfrischen des Roheisens einen ganz außerordentlichen Rohgang, so daß das Frischen dadurch sehr verhindert und um das Zwei- bis Dreifache der gewöhnlichen Zeit verlängert wird. Wegen der außerordentlich flüssigen und hitzigen Schlacke ist auch der Eisenverlust bei dem Frischen sehr groß. Der außerordentliche Rohgang würde, bei der Fortsetzung des Versuchs, vielleicht das

Frischen des Roheisens unmöglich gemacht haben. Das Eisen war bedeutend härter als gewöhnlich geworden, und ließ sich auch stahlartig schmieden, zeigte übrigens nicht den geringsten Rothbruch, sondern schmiedete sich ohne Schiefer- und Kantenbrüche. Dagegen schien es doch an Festigkeit etwas verloren zu haben, indem die Eisenstäbe die Probe weniger gut aushielten, als das Stabeisen, welches aus dem Roheisen ohne Zusätze gewöhnlich erfolgt. — Zur Analyse dieses Eisens ward Königswasser genommen und sogleich Siedehitze angewendet, um nicht einen Verlust von Arsenik, durch eine etwa mögliche Entwickelung von Arsenik-Wasserstoffgas, zu erleiden. Der Niederschlag, welcher durch die Behandlung der sauren Auflösung mit Hydrothiongas erfolgte, bestand aus reinem Schwefel, worin keine Spur von Arsenik gefunden werden konnte. Wenn das Eisen also wirklich etwas Arsenik aufgenommen hatte, so war es so wenig, daß es sich durch die Analyse nicht auffinden ließ. Die große Verminderung der Auflösbarkeit dieses Stabeisens in Säuren, deutet indeß auf eine Veränderung in den Mischungs-Verhältnissen hin, obgleich die Analyse den Grund dieser Erscheinung nicht nachgewiesen hat.

Hr. Lampadius erwähnt, daß man auf dem Eisenwerk Breitenhof im Sächsischen Erzgebirge, eine sehr reiche Art von Rotheisensteinen, die in dem Johann Georgenstädter Bergamts-Revier gebrochen wurden, zu verschmelzen versucht habe, daß man aber ein Roheisen erhalten hätte, welches sich bei dem Verfrischen durchaus nicht habe schweißen lassen wollen. Bei der Untersuchung hat Hr. Lampadius in 100 Theilen von jenem Roheisen 3,5 Theile Arsenik gefunden, welches durch die Desoxydation im Hohofen aus dem arseniksauren Eisen des Eisensteins sich gebildet haben soll.

Hr. Garnej bemerkt, daß die Erze von Utö zum Theil ein sehr kaltbrüchiges Eisen geben, welches Verhalten er theils dem

Kobalt, theils dem Arsenik zuschreibt, weil die Erze etwas Glanzkobalt eingesprengt enthalten.

Bei den vielen Arten von Roheisen, welche ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, habe ich einen Arsenikgehalt niemals gefunden. Hr. Wöhler bemerkt indeß: In dem Roheisen scheint häufiger Arsenik vorzukommen, als man vermuthet, selbst wenn das Eisen aus Erzen gewonnen ist, in denen sich das Arsenik nicht direkt nachweisen läßt. Bei den Analysen ist es leicht zu übersehen, weil man es vielleicht nicht immer da sucht, wo es ist. Bei der Auflösung des Eisens in verdünnter Schwefelsäure geht es nicht mit dem Wasserstoff weg, auch geht es nicht in die Auflösung, sondern es bleibt, wahrscheinlich als arseniksaures Salz, in dem schwarzen Rückstand, der aus Kohle, Kieselerde u. s. f. besteht. Durch kaustische Kalilauge, oder durch Schwefelammoniack läßt es sich leicht ausziehen. Aus letzterem wird es dann durch Säuren als Schwefelarsenik gefällt. Die Kaliauflösung kocht man mit Schwefelammoniack und fällt dann ebenfalls durch verdünnte Schwefelsäure. Sehr oft hinterläßt dieses Schwefelarsenik bei der Destillation in einer Glasröhre einen schwarzen Rückstand, den Hr. W. als Schwefelmolybdän erkannt hat. Hr. W. bemerkt, daß er auf diese Weise Arsenik in 4 Roheisensorten von verschiedenen Hütten gefunden habe. Nach einer anderen Aeußerung scheint Hr. W. der Meinung zu seyn, daß das Arsenik nur dann nicht in die Auflösung des Eisens in verdünnter Schwefelsäure mit übergehe, wenn diese sich erhitzt hat, denn er bemerkt: hat man aber das Eisen in der verdünnten Säure mit der Vorsicht aufgelöst, daß sich die Flüssigkeit nicht erhitzen konnte, und erhitzt nach dem Filtriren die Auflösung bis zum Sieden, so trübt sie sich und es entsteht ein weißer Niederschlag, der arseniksaures Eisenoxyd ist.

Hiernach würde es wahrscheinlich seyn, daß sich das Arsenik eben so verhält wie der Phosphor, wenn nicht auch Hr. Berthier ausdrücklich bemerkte, daß sich alles Arsenik, bei dem

Auflösen des arsenikhaltigen Roheisens in siedendheißer Salzsäure, in arseniksaures Eisenoxydul umändere, ohne daß sich Arsenikwasserstoffgas entwickelt. Hr. B. hat nämlich Bomben und Kanonenkugeln analysirt, welche bei der Eroberung von Algier in der Casauba vorgefunden worden sind und von welchen man vermuthet, daß sie, unter unbekannten Verhältnissen, einmal auf spanischen Eisenhütten gegossen worden sind. Die Bomben enthielten 9,8 Procent Arsenik und 1,5 Procent Kohle. Das Eisen war stark glänzend und zeigte Spiegelflächen von weißgrauer Farbe; es war ungemein spröde, ließ sich leicht zerpulvern und hatte das (große) specifische Gewicht von 7,585. Die Kugeln verhielten sich noch spröder als die Bomben und waren mit weit mehr Löchern und Höhlungen versehen als diese. Das specifische Gewicht des Roheisens, woraus diese Kugeln bestanden, betrug sogar 7,65. Es wurden darin 27 Procent Arsenik und nur 1 Procent Kohle gefunden. Das Roheisen von den Bomben sowohl, als von den Kugeln, oxydirte sich sehr schnell an der Luft, wenn es mit Wasser befeuchtet ward. Als die oxydirte Substanz in Salzsäure aufgelöst ward, bestand der Rückstand aus Kohle mit sehr viel Arsenikeisen und es hatte sich keine Spur von dem letzteren in der Säure aufgelöst, zum Beweise, daß sich bei der Oxydation kein arseniksaures Eisenoxydul gebildet hatte. — Das große specifische Gewicht dieser Legirungen ist sehr auffallend.

Es ergiebt sich übrigens aus diesem Verhalten des arsenikhaltenden Roheisens, daß sich der Arsenikgehalt am zuverlässigsten auf die Weise ermitteln läßt, daß man das arsenikhaltige Roheisen in der Siedhitze in Königswasser auflöst, die Auflösung filtrirt, durch ein Uebermaaß von Schwefel-Ammoniack niederschlägt und einige Zeit in der Digerirwärme erhält. Das Arsenik wird im Zustande der Säure in die Auflösung geführt, das Eisen sodann als Schwefeleisen niedergeschlagen und der ganze Arsenikgehalt als Schwefel-Arsenik in Verbindung mit

Schwefel-Ammoniak erhalten werden. Aus der von Schwefeleisen durch Filtriren abgesonderten Auflösung wird daher das Arsenik als Schwefelarsenik, durch Zusatz von verdünnter Schwefelsäure, oder auch von Salzsäure, niederzuschlagen seyn und aus dem Schwefelarsenik die Menge des Arsenik bestimmt werden können.

Rinman a. a. O. I. 499. II. 180 u. f. — Bergman, opusc. II. 281. — Hassenfratz l. c. III. 162. — Vauquelin, Analyse eines rothbrüchigen (arsenikhaltigen) Eisens; in Gehlen's Journal für Chemie und Physik, V. 154. — Lampadius; in Schweigger's Journal für Chemie und Physik. XXXIII. 198. — Garnej Handledning uti Suenska Masmästeriet p. 199. — Wöhler, Arsenikgehalt des Roheisens, in den Ann. der Pharmacie. XXXI. 95. und in dem Notizenblatt d. Vereins bergmännischer Freunde zu Göttingen Nr. 24. für 1839. — Berthier, in den Ann. des mines. 3me Série. XI. 501.

§. 269.

Ungeachtet die eben mitgetheilten Erfahrungen das Arsenik von einem nachtheiligen Einfluß desselben auf das Eisen frei zu sprechen scheinen, so würde sich — bei der großen Verbindungsfähigkeit des Arsenik mit Eisen, — doch vielleicht ein weniger günstiges Resultat ergeben, wenn Arsenik haltende Eisenerze im Hohenofen verschmolzen werden. Darüber fehlte es mir an Erfahrungen. — Dagegen habe ich bei dem Zusammenschmelzen von 95 Theilen Cementstahl mit 5 Theilen Arsenikspeise, — welche bei einer besonderen hüttenmännischen Operation gefallen war, und welche ziemlich genau 32 Arsenik und 68 Eisen enthielt, — durch Zusammenschmelzen im Ipser Tiegel, ein Metallgemisch von 100 Theilen erhalten. Sollte diese völlige Uebereinstimmung des Gewichtes des Metallgemisches mit dem Gewicht des Stahls und der Speise auch vielleicht dadurch entstanden seyn, daß das Gemisch noch etwas Kohle aufgenommen hätte, wodurch der mögliche Verlust von dem verflüchtigten

Arsenik wieder gebunden worden, so würde die daraus entsprin-
gende Differenz des Arsenikgehaltes doch sehr unbedeutend seyn;
sie ist aber auch nicht einmal wahrscheinlich, sondern es läßt sich
mit Zuverlässigkeit annehmen, daß das erhaltene Metallgemisch
1,6 Procent Arsenik enthielt. Die Speise hatte den Stahl sehr
schnell in Fluß gebracht und das erhaltene Gemisch von ganz
homogenem Ansehen verhielt sich sehr weich, bekam auch durch
Härten keine größere Härte. Es verhielt sich wie recht mürbes
rohes Stabeisen, hatte eine bleigraue Farbe und schien die Zähig-
keit und Dehnbarkeit fast ganz verloren zu haben. — 75 Theile
Stabeisen und 25 Theile von derselben Arsenikspeise kamen
im Ipser Tiegel sehr bald in Fluß und gaben ein sehr weiches,
leicht schmelzbares Metallgemisch, welches sich nicht mehr schmieden
ließ. Das dunkelgraue Metallgemisch enthielt etwa 8 Procent
Arsenik.

Es ergiebt sich daraus, daß das Arsenik die Festigkeit des
Eisens sehr bedeutend vermindert, daß es dasselbe weicher macht
und die Dehnbarkeit und Geschmeidigkeit desselben schon dann
ganz zerstört, wenn der Arsenikgehalt nur 1,6 Procent beträgt.
Daher darf es auch nicht für unwahrscheinlich gehalten werden,
daß ganz geringe Beimischungen von Arsenik nachtheilig auf die
Festigkeit des Eisens wirken und dasselbe kaltbrüchig machen
können, obgleich die vorhin angeführten Erfahrungen ein solches
Verhalten zweifelhaft lassen.

Von den natürlichen Verbindungen des Eisens mit Arse-
nik wird im folgenden Abschnitt die Rede seyn.

§. 270.

Mit dem Nickel soll sich das Eisen nach Bergman's
Versuchen in allen Verhältnissen verbinden, und ein zähes dehn-
bares Gemisch geben. Diese Versicherung jenes gründlichen Me-
tallurgen und das Verhalten des Nickels lassen wohl erwarten,
daß das Nickel in geringer Quantität dem Stabeisen beigemischt,
demselben keine nachtheiligen Eigenschaften mittheilen wird, und

daß der Eisenhüttenmann ganz unbesorgt seyn darf, wenn er irgendwo Eisenerze mit einem Nickelgehalt verschmelzen soll. Wegen der Kostbarkeit des reinen Nickels habe ich mit diesem Metall keinen Frischversuch anstellen lassen können; Hassenfratz versichert aber, daß sich das mit Kupfernickel behandelte Eisen nur höchst schwer schmieden und gar nicht schweißen lasse, daß es außerordentlich rothbrüchig und auch ein wenig kaltbrüchig sey. Dieser Versuch ist indeß nicht entscheidend, weil Hassenfratz ihn nicht mit reinem Nickel vorgenommen hat, und weil der Kupfernickel, außer Arsenik, auch ohne Zweifel noch Schwefel enthielt, wodurch der starke Rothbruch leicht erklärbar wird.

Rinman a. a. O. I. 499. II. 156. u. f. — Bergman Opusc. III. 462. IV. 371. — Hassenfratz, l. c. III. 162.

§. 271.

Ohne Zweifel haben die Herren Stodart und Faraday die ersten Versuche über Legirung des Eisens und Stahls mit reinem Nickel angestellt. Gutes reines Eisen und 10 Procent Nickel schmolzen vollständig zusammen; die Legirung verhielt sich aber weniger schmiedbar als das Eisen und war geneigt, unter dem Hammer Kantenbrüche zu bekommen. Die polirte Oberfläche dieses Gemisches hatte einen Stich ins Gelbliche. Die Nickellegirung rostet weniger an der feuchten Luft als das reine Stabeisen. Auffallend ist es, daß dieselbe Menge Nickel, mit Stahl legirt, denselben nicht allein gegen den Rost nicht schützen, sondern das Rosten sogar noch befördern soll. — Die Verbindung mit Nickel und Stahl ist sehr zur Damastbildung geneigt. — Wegen des Nickelgehaltes des natürlichen sogenannten Meteoreisens, gaben die Herren Stodart und Faraday ihren künstlichen Legirungen des Eisens mit etwa so viel Nickel, als sich in manchem natürlichen Meteoreisen findet, den Namen künstliches Meteoreisen. Hiernach hat man die Legirung von Nickel und Stahl auch Meteorstahl genannt und von der Vortrefflichkeit desselben sehr große Lobpreisungen gemacht, welche dieser

Stahl indeß mit vielen anderen Stahllegirungen theilen muß. Bei allen diesen Legirungen scheint keine eigentliche Verbindung des Legirungsmetalles mit dem Stahl statt zu finden, sondern nur eine innige Vermengung, welche bis zu einem gewissen Grade die Festigkeit des Stahls erhöhet. Deshalb zeigen die Verbindungen der Legirungsmetalle mit dem reinen Eisen und mit dem Stahl auch ein ungemein verschiedenes Verhalten, und ein Metall, welches in Verbindung mit dem Eisen, die guten Eigenschaften desselben, besonders seine Haltbarkeit vermindert, kann, in mechanischem Gemenge mit dem Stahl, die Festigkeit desselben erhöhen. Das Aluminium (?), das Silber, zum Theil auch vielleicht das Kupfer, verhalten sich, in dieser Beziehung, in ähnlicher Art wie das Nickel und wie vielleicht viele andere Metalle, welche die Güte des Stahls verbessern können und der Festigkeit des Stabeisens in hohem Grade nachtheilig sind.

Von der natürlichen Verbindung des Nickels mit dem Eisen wird im folgenden Abschnitt gehandelt werden.

§. 272.

Nach Brandt's und Bergman's Erfahrungen sollen sich Eisen und Kobalt in allen Verhältnissen, und zwar um so leichter verbinden, je überwiegender das Verhältniß des Kobalts ist. Das Gemisch soll an Zähigkeit und Dehnbarkeit nichts verlieren, weshalb auch zu erwarten ist, daß eine kleine Quantität Kobalt keine nachtheiligen Wirkungen auf das Eisen äußert. Aus Mangel an reinem Kobalt habe ich mit diesem Metall ebenfalls keinen Frischversuch können anstellen lassen. Hassenfratz bestätigt indeß, daß das mit Kobalt behandelte Eisen sich sehr gut schmieden und schweißen lasse, daß es durchaus nicht kaltbrüchig, aber zum Rothbruch etwas geneigt sey. — Garnej ist indeß der Meinung, daß das Kobalt das Eisen altbrüchig mache.

Rinman a. a. O. I. 498. II. 167. u. f. — Bergman und Hassenfratz a. a. O. — Garnej a. a. O.

§. 273.

Ueber die Verbindungen des Uran, des Molybdän, des Tellur, des Tantal, des Cerium und des Kadmium mit Eisen sind noch keine Versuche angestellt und der Einfluß dieser Metalle auf das Eisen ist daher noch völlig unbekannt. — Das von Hrn. Seffström in einigen Schwedischen Eisenarten entdeckte Vanadin, welches sich bei dem Frischprozeß leicht zu oxydiren scheint und dann als Vanadinsäure in den Frischschlacken von jenem Vanadinhaltigem Roheisen aufgefunden wird, scheint dem Eisen, wenigstens in den bis jetzt aufgefundenen Verhältnissen, nachtheilige Eigenschaften nicht zu ertheilen. Dies neue Metall ist ein äußerst seltener Begleiter der Eisenerze, und bis jetzt in anderen als Schwedischen Eisenarten noch nicht aufgefunden worden.

§. 274

Das Titan kommt in einigen norwegischen Eisenerzen vor, und macht dieselben sehr strengflüssig. Diese Strengflüssigkeit der sehr titanhaltigen Eisenerze ist so groß, daß sie zu Arendahl über einen 35füßigen Holzkohlenhohöfen nicht verschmolzen werden können, weshalb das Titaneisen auch sorgfältig ausgehalten, oder dasjenige Eisenerz, welches zu viel Titaneisen beigemengt enthält, nicht angewendet wird. Sonst soll indeß das Titan der Güte des Eisens nicht nachtheilig seyn, sondern dasselbe nur härter, fester, und der Abnutzung mehr widerstehend machen. Statt des reinen Titan wendete Hassenfratz den Rutil oder rothen Schörl (welcher nach Klaproth bloß aus Titan und Sauerstoff besteht) zu seinem Versuche an, und fand, daß sich das Eisen gut schmieden ließ, ohne im Geringsten kalt- oder rothbrüchig zu seyn. — Es ist indeß noch sehr die Frage, ob sich das Titan auch überhaupt mit dem Eisen chemisch verbindet. In manchen Sphärosideriten aus der Steinkohlenformation wird nicht selten Titanit (Sphen) als Beimengung angetroffen; dennoch läßt sich in dem Roheisen aus diesen Erzen

kein Titan auffinden. Zum großen Theil geht es mit in die Hohofenschlacke, theilweise sondert es sich aber, — besonders bei einem solchen Gange des Ofens, bei welchem sich Eisen- und Schlackenmassen im Gestell bilden, im regulinischen Zustande ab und befindet sich dann immer nur im Gemenge mit dem Roheisen, ohne mit demselben chemisch verbunden zu seyn.

Notizenblatt des Göttinger Vereins bergmännischer Freunde Nr. 10 oder Oct. 1837. S. 3.

§. 275.

Das Titan erfordert eine höhere Temperatur, um sich aus dem Oxyd durch Kohle zu reduciren, als das Eisen, und eine noch viel höhere Temperatur, um nach erfolgter Reduction zu schmelzen. Dies ist der Grund, weshalb bei Titanoxyd haltenden Eisenerzen, der größte Theil, oder fast alles Titanoxyd im Hohenofen verschlackt wird. Außerdem scheint das regulinische Titan nur eine geringe Verbindungsfähigkeit mit dem Eisen zu besitzen. Seitdem Hr. Wollaston vor einigen Jahren gezeigt hat, daß das Titan, unter gewissen Umständen, im Gestell der Hohenofen krystallinisch in schönen kupferrothen Würfelchen gebildet wird, hat man dies Metall auf vielen Hüttenwerken im Hohenofengestell gefunden. Daß indeß die Verbindung des Titan mit Eisen sehr schwierig ist, geht aus dem Umstande hervor, daß man das Titan sichtbar in rothen Körnchen im Roheisen eingesprengt findet, und daß das Roheisen, bei welchem sich diese rothen Beimengungen nicht bemerken lassen, nur einen höchst unbedeutenden Titangehalt, und auch diesen nur als eine mechanische Beimengung zeigt, welcher beim Verfrischen abgeschieden wird. Genauere Beobachtungen würden sich auf den Hüttenwerken sammeln lassen, wo die Titanerze häufiger, und nicht bloß als zufällige und sparsame Begleiter der Eisenerze vorkommen. Spuren von Titan finden sich in sehr vielem Roheisen.

Eine Verbindung von 99 Stahl mit 1 regulinischem Titan

verhielt sich wie der beste Stahl; aber die Analyse zeigte, daß das Titan sehr ungleich in der Stahlmasse vertheilt war, so daß sich das Titan bei dem Zusammenschmelzen mit Stahl wahrscheinlich eben so verhält, wie die mehrsten anderen Metalle, indem es nicht chemisch mit dem Stahl verbunden, sondern mechanisch mit demselben gemengt ist. — Auch dieser Titanstahl zeigt einen vortrefflichen Damast nach dem Poliren und Beizen, und verdient nicht minder wegen seiner vortrefflichen Eigenschaften gelobt zu werden wie mancher andere Legirungsstahl. — Auch die Herren Stodart und Faraday haben einen mit Titan legirten Stahl dargestellt, indem sie 4 Theile von dem durch die Reduction des Menakanites erhaltenen Metallkönig mit 96 Theilen Stahl zusammen schmolzen. In diesem Stahl ließ sich durch die Analyse jedoch kein Titan auffinden.

Hr. Karsten hat die interessante Entdeckung gemacht, daß die dunkelblaue Färbung der Hohofenschlacken wahrscheinlich von dem Gehalt derselben an oxydirtem Titan herrührt, welches sich nicht in dem bisher bekannten Zustande der Oxydation, — als sogenannte Titansäure, — sondern in dem bis dahin für sich nicht darstellbaren Zustande des Oxyduls, in solchen blaugefärbten Hohofenschlacken befindet.

Stodart und Faraday; a. a. O. S. 335. — Wollaston, Archiv IX. 518 u. f. — Karsten; Ebendas. IX. 530 f. — Zinken; Ebendas. X. 294. — Grignon, Mémoire sur des crystallisations métalliques, pyriteuses et vitreuses, formés par le moyen du feu; in dessen Mémoires de Physique sur l'Art de fabriquer le Fer p. 478. seqq. — Karsten, im Archiv f. Geognosie, Mineralogie, Bergbau u. Hüttenkunde. XIV. 594.

§. 276.

Auch das Wolfram scheint dem Eisen nicht nachtheilig zu seyn, und der Hüttenmann würde die Wirkungen desselben wohl nicht zu befürchten haben. Hassenfratz behandelte Eisen

mit Tungstein, statt des metallischen Scheel, und fand, daß sich das Eisen gut schmieden lasse, aber etwas zum Rothbruch geneigt sey. In der Kälte verhielt es sich ungemein dehnbar, erhielt — wie Stahl — bei dem Härten eine ganz blanke Oberfläche, und zeigte bei dem Ausschmieden ein mehr körniges als sehniges Gefüge, zum Beweis seiner Härte, so daß es scheint, daß das Scheel das Eisen ebenfalls nur härter mache, und daß sich darauf der ganze Einfluß des im geringen Verhältniß bei dem Eisen befindlichen Wolfram erstrecke.

§. 277.

Die Legirungen des Eisens mit Chrom sind ganz unbekannt, auch kennt man den Einfluß nicht, welchen geringe Beimischungen von Chrom auf das Eisen haben mögen. Nach einem von Hassenfratz angestellten Versuch, soll sich das mit Chrom behandelte Eisen sehr gut schmieden lassen, ohne den geringsten Kaltbruch zu zeigen, wogegen es von dem Fehler des Rothbruchs nicht ganz freigesprochen werden könne. — Chrom haltende Eisenerze, deren nähere Untersuchung dem folgenden Abschnitt vorbehalten ist, kommen selten vor, weshalb das Verhalten des Chrom haltenden Eisens auch nicht so bald vollständig bekannt werden dürfte. Geringe Beimengungen von Chrom finden sich in dem Roheisen eben so häufig, wie die von Titan, aber sie werden bei dem Frischproceß vollständig abgeschieden, wenigstens habe ich in dem Stabeisen aus dem mit einem geringen Chromgehalt versehenem Roheisen, kein Chrom auffinden können, so daß ich es unentschieden lassen muß, ob das Chrom der Festigkeit des Eisens auch in kleinen Beimischungen nachtheilig ist.

Nach einer von dem Hrn. Vauquelin mitgetheilten Analyse eines rothbrüchigen Eisens, in welchem 0,6 Procent Phosphor und 0,4 Procent Chrom gefunden wurden, wäre dies allerdings zu vermuthen.

Die Legirungen des Stahls mit Chrom sind aber durch

die Herren Berthier und Stodart und Faraday genauer untersucht. Hr. Berthier bereitete zwei Proben von Gußstahl, von denen die eine 1 Procent, und die andere 1½ Procent Chrom enthielt. Gußstahl von der besten Güte ward zu kleinen Stücken zerschlagen und dann mit einem (aus dem natürlichen Chromeisen dargestellten) Metallgemisch aus Eisen und Chrom zusammen geschmolzen. Der Stahl soll nicht bloß von ganz vorzüglicher Güte seyn, sondern sich auch durch die Schönheit seines Damastes auszeichnen, welcher, nach den Erfahrungen der Herren Stodart und Faraday, auch durch das Anlaufenlassen des Stahls hervorgebracht werden kann und dann ein schönes Ansehen gewähren soll. Die Erfahrungen von St. u. F. bestätigen übrigens die vortreffliche Eigenschaft des Chromstahls, von welchem sie zwei Proben anfertigten, die eine aus 1600 Stahl und 16 Chrom, und die zweite aus 1600 Stahl und 48 Chrom. Dieser letzte, 3 Procent Chrom enthaltende Stahl war bedeutend härter als der erstere, ließ sich aber vortrefflich schmieden.

Berthier; Archiv u. s. f. V. 179 u. f. — Stodart und Faraday, a. a. O. S. 359. f. — Vauquelin in Gehlen's Journ. f. Chemie und Physik. V. 153.

§. 278.

Auch die Legirungen von Stahl mit Palladium, von Stahl mit Rhodium, und die dreifache Legirung von Stahl mit Iridium und Osmium rühmen die Herren Stodart und Faraday wegen ihrer vorzüglichen Güte und wegen des schönen Damastes, den sie gewähren. Ganz vorzüglich soll sich aber der mit Rhodium legirte Stahl auszeichnen, indem er große Festigkeit mit sehr großer Härte verbindet. Dieser hohe Grad von Härte ist so auffallend, daß die aus dieser Legirung angefertigten schneidenden Waaren eine höhere Temperatur zum Anlassen erfordern, als der beste Wootz, obgleich dieser schon stärker als der beste englische Gußstahl erhitzt werden muß. Das

Rhodium vereinigt sich mit dem Stahl in allen Verhältnissen, welches auch bei dem Iridium und Osmium der Fall zu seyn scheint. — Eine Verbindung von reinem Eisen mit 3 Procent Iridium und Osmium ist dem Rosten wenig unterworfen, und hat die Eigenschaft, daß sie, im rothglühenden Zustande in Wasser abgelöscht, härter wird, ohne Kohle zu enthalten; eine Eigenschaft, welche auch das Silicium haltende reine Stabeisen zu besitzen scheint.

§. 279.

Ein sehr häufiger, fast gewöhnlicher Begleiter des Eisens ist das Mangan. Es soll dem Eisen mehr Härte mittheilen, ohne seiner Geschmeidigkeit und Zähigkeit Abbruch zu thun, wenn es sich nur in geringen Quantitäten mit dem Eisen verbunden befindet. Der größte Mangangehalt des Stabeisens, welcher mir bis jetzt bei den Analysen verschiedener Stabeisenarten vorgekommen ist, betrug 1,85 Procent, und dies Stabeisen verhielt sich ganz tadellos. Bis zu welchem Verhältniß die Verbindung des Mangan mit dem Eisen steigen kann, ohne nachtheilig auf die Festigkeit desselben zu wirken, ist noch nicht untersucht, weil man bis jetzt, wegen der großen Strengflüssigkeit beider Metalle (indem das Mangan eine, wenn nicht größere, doch wenigstens eben so große Temperatur zum Schmelzen erfordert, als das reine Stabeisen) noch keine Legirungsversuche mit Eisen und Mangan angestellt hat. — Hr. Mushet hat das Roheisen in steigenden Verhältnissen mit Mangan zu verbinden versucht und glaubt aus seinen Versuchen schließen zu müssen, daß etwa 40 Theile Mangan das Maximum sind, welches 100 Th. Roheisen aufnehmen. Eine solche Legirung von 71,4 Roheisen und 28,6 Mangan soll vom Magnet nicht mehr gezogen werden. Die mehr oder weniger spröde Beschaffenheit der Legirung rührt von der Menge und von dem Verbindungszustande der Kohle her und es läßt sich über den Einfluß des Mangan auf die Festigkeit des Eisens nicht urtheilen, wenn die Kohle nicht entfernt

wird. — Rinman erwähnt, in seiner Geschichte des Eisens, an mehren Stellen eines weißen Roheisens, welches aus Braunstein haltenden Erzen auf einigen Schwedischen Eisenhütten erzeugt wird, und welches die höchst merkwürdige, kaum zu erklärende Eigenschaft besitzen soll, vom Magnet sogleich angezogen zu werden, sobald es stark geglühet worden ist, wogegen es im ungeglüheten Zustande dem Magnet nicht folgsam sey.

Rinman a. a. O. I. 499. II. 136 u. f. — Stünkel, über das braunsteinhaltige Roheisen, im Neuen bergmänn. Journal, III. 455 u. f. — Mushet; im Archiv u. s. f. Heft 2. S. 118.

§. 280.

Obgleich die Möglichkeit nicht geläugnet werden kann, daß die größere oder geringere Härte des Eisens in manchen Fällen von dem Mangangehalt desselben abhängt, so ist die Geschmeidigkeit und Sprödigkeit doch ganz unabhängig davon, und wird, bei reinem Eisen, bloß durch den Gehalt an Kohle und an anderen Beimischungen (Silicium, Schwefel, Phosphor), bestimmt. Stabeisen kann also eben so viel Mangan enthalten als Stahl, und es giebt Stahl, der keine Spur von Mangan enthält, wogegen sich in manchem Stabeisen ein Mangangehalt auffinden lassen könnte. Das Verhältniß der Kohle wird entscheiden, ob das Eisen Stabeisen oder Stahl genannt werden muß; aber das manganhaltige Stabeisen und der manganhaltige Stahl können sich vielleicht härter verhalten, als die Eisen- und Stahlarten, welche keinen Mangangehalt besitzen. Nie kann also das Stabeisen durch einen Mangangehalt eine stahlartige Härte erhalten, sondern seine stahlartige Beschaffenheit ist jederzeit von dem Kohlegehalt abhängig. Dies ausdrücklich zu bemerken, ist nothwendig, weil es Metallurgen giebt, welche der Meinung sind, daß der Stahl immer Mangan enthalten müsse, und daß es daher unmöglich Stabeisen mit eben so großem Mangangehalt geben könne, als im Stahl angetroffen wird. Man geht wohl sogar so weit, anzunehmen, daß es bei der Behandlung des Roheisens

bloß von der größeren oder geringeren Vollständigkeit der Abscheidung des Mangangehalts abhänge, ob das Product des Verfrischens Stabeisen oder Stahl werden soll. — Weil man indeß bei einem guten Stahl immer eine gewisse Härte verlangt, so könnte wohl die Härte, welche das Mangan dem Eisen angeblich mittheilen soll, der durch den Kohlegehalt des Stahls bedingten Härte desselben zu statten kommen, und in sofern würde man vollkommen zu der Annahme berechtigt seyn, daß die Härte des Stahls durch einen Mangangehalt desselben noch erhöhet werde. Ich habe häufig Stabeisen mit einem ungleich größeren Gehalt an Mangan gefunden, als in dem besten verarbeiteten Rohstahl vorhanden ist. Daß gerade die wegen ihrer Härte am mehrsten geschätzten Arten von Gußstahl, nicht eine Spur von Mangan enthalten, ist jetzt eine ganz bekannte Sache. Aber auch der beste Rohstahl aus Steyermark, welcher aus Roheisen bereitet wird, in welchem durch die Analyse einige Procente Mangan aufgefunden werden, enthält keine Spur von Mangan. Dasselbe Verhalten zeigt der Rohstahl aus Siegen, der ebenfalls aus manganhaltigen Erzen bereitet wird. Das Mangan scheint bei dem Verfrischen des Roheisens häufig ganz vollständig abgeschieden zu werden und die größere Güte der besten Steyerschen und Siegenschen Stahlarten, ist folglich von einem Mangangehalt durchaus nicht abzuleiten.

§. 281.

Es ist eine allgemeine Erfahrung, daß die manganhaltigen Eisenerze vorzüglich geneigt sind, bei der Verarbeitung Stahl zu geben. Diese Erfahrung mag wohl Veranlassung gewesen seyn, manganhaltige Eisenerze und Stahlerze für gleichbedeutende Begriffe zu nehmen. Wenn es aber auch erwiesen ist, daß ein starker Mangangehalt der Eisenerze das daraus erzeugte Roheisen zur Stahlbildung geneigter macht, so ist es doch gewiß, daß nicht das Mangan, sondern die Verbindung oder vielmehr der Verbindungszustand des Eisens mit der Kohle, welcher durch

den Mangangehalt der Erze auf eine ganz andere Weise als dadurch, daß das Mangan in die Mischung des Eisens eingeht, herbeigeführt wird, die wahre Ursache der leichteren Bildung des Stahls aus weißem als aus grauem Roheisen ist. Hieraus folgt, daß man auch aus dem weißen Roheisen, welches aus Eisenerzen erzeugt ist, welche kein oder nur wenig Mangan enthalten, eben so leicht Stahl bei dem Verfrischen müsse erhalten können, als aus dem weißen Roheisen, welches aus manganreichen Erzen entstanden ist, weil beide Eisenarten auf eine ganz gleiche Weise mit Kohle verbunden sind. Die Erfahrung bestätigt dies auch allerdings; indeß wird sich später zeigen, aus welchen Gründen das aus manganreichen Eisenerzen erzeugte Roheisen in der Regel für ein reineres Product gehalten werden muß, als das weiße Roheisen, welches aus den mehrsten Eisenerzen, die kein Mangan enthalten, dargestellt wird. Aber auch das durch künstliche Mittel weiß gemachte graue Roheisen wird zur Stahlbereitung eben so gut geeignet seyn, als das natürliche weiße Roheisen, weil auch dieses weiß gemachte Eisen die Kohle in demselben Zustande der Verbindung enthält.

§. 282.

Die Eisenerze, welche sich durch einen großen Mangangehalt auszeichnen, sind ferner so sehr geneigt, ein weißes, hartes und sprödes Roheisen zu geben, daß die irrige Meinung entstanden war, es könne kaum ein graues Roheisen aus diesen Erzen erblasen werden (§. 16.) und der Mangangehalt der Erze sey es, welcher die Bildung des Graphit verhindere. Das weiße Roheisen, im Zustande seiner größten Vollkommenheit, nämlich das sogenannte Spiegeleisen (§. 18.) läßt sich fast nur aus manganreichen Eisenerzen ununterbrochen gewinnen und aus diesem Erfolge glaubte man schließen zu dürfen, daß das Mangan nicht allein diesen Verbindungszustand des Eisens mit der Kohle herbeiführe, sondern daß das Mangan auch unmittelbar die Ursache der silberweißen Färbung des Roheisens sey. Spätere

Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß das Mangan weder die Bildung des Graphit verhindere, noch dem Roheisen eine weiße Farbe ertheile, sondern daß dieser Erfolg bloß durch die Temperatur des Ofens in dem Schmelzraum bestimmt wird, daß aber das Manganoxyd auf mittelbare Weise die Bildung des weißen Eisens begünstigt, weil es mit der Kieselerde ein sehr leichtflüssiges Silikat bildet. Diese Untersuchungen haben zugleich gelehrt, daß das aus denselben Erzen erblasene graue Roheisen mehr Mangan enthält, als das Spiegeleisen, daß also die Farbe des Roheisens lediglich durch die Menge und durch den Verbindungszustand der Kohle mit dem Eisen, und nicht im mindesten durch den Mangangehalt desselben bestimmt wird. Die Geneigtheit der manganreichen Eisenerze, bei dem Verschmelzen in den Schachtöfen weißes Roheisen zu geben, rührt also nur von der Leichtflüssigkeit der sich bildenden Schlacke her, weshalb aus eben diesen Erzen auch graues Roheisen erfolgt, wenn entweder die Temperatur im Schmelzraum sehr erhöhet, oder wenn der Gattirung eine Basis zugesetzt wird, welche mit der Kieselerde strengflüssige Silikate bildet.

Karsten; über den Einfluß der Temperatur auf die Beschaffenheit der Producte, welche bei dem Verschmelzen der Eisenerze in Hohenöfen erhalten werden. Archiv u. s. f. XIII. 211 u. f.

§. 283.

Zur Bestimmung des Mangangehalts der verschiedenen Eisenarten reicht die gewöhnliche Trennungsmethode des Eisenoxyds von Manganoxyd, durch Fällung des ersteren aus einer möglichst neutralen Auflösung in Königswasser, mittelst der bernsteinsauren oder benzoesauren Salze nicht hin, wenigstens dann nicht, wenn der Mangangehalt nicht einmal ein volles Procent beträgt. Ungleich mehr zu empfehlen ist das Verfahren, das Eisen in Königswasser aufzulösen, damit es im vollkommen oxydirten Zustande in der Auflösung vorhanden sey, die filtrirte saure Flüssigkeit in einer starken Verdünnung mit Wasser

und in möglichst niedriger Temperatur mit kohlensaurem Ammoniack zu zersetzen und das niedergeschlagene Eisenoxyd so schnell als möglich durch Filtriren abzusondern. Die Flüssigkeit enthält dann das oxydirte Mangan, welches durch Schwefelammoniack niedergeschlagen wird.

Eisen und Metalloxyde.

§. 284.

Allen Oxyden der unedlen Metalle, mit Ausnahme des Mangans, Zinks (und Kobalts?), entzieht das regulinische Eisen in der Glühhitze den Sauerstoff und oxydirt sich. Das Resultat des Zusammenschmelzens von Eisen mit Metalloxyden ist also Eisenoxydul-Oxyd (oder verschlacktes Eisen) und regulinisches Metall, welches sich mit dem im Uebermaaß zugesetzten Eisen verbindet, wenn es dazu geneigt ist. Bei der Wohlfeilheit des Eisens würde man sich desselben bedienen können, um andere Metalle aus ihren Erzen regulinisch darzustellen, wenn nicht zugleich ein großer Theil des noch nicht reducirten Metalles mit dem entstehenden Eisenoxyd unvermeidlich verschlackt würde, und wenn die Schmelzvorrichtungen so eingerichtet werden könnten, daß es möglich wäre, allen Zutritt der Luft gänzlich abzuhalten, um das Verschlacken des wirklich schon ausgeschiedenen Metalles gänzlich zu verhindern.

Da Camara, Resultate chemischer und metallurgischer Erfahrungen in Absicht der Bleiersparung bei dem Schmelzprozeß. Aus dem Französischen von Ribbentrop, und mit Anmerkungen von Lampadius. Dresden 1797.

Eisen und Salze.

§. 285.

Das Verhalten der Metalle mit den sogenannten metallischen Salzen auf dem nassen Wege kann, als bekannt, übergangen werden, weil das Eisen die mehrsten Metalle aus ihren

Auflösungen in Säuren als Oxyde niederschlägt. Wechselseitige Niederschläge lassen sich durch Vertheilung des Sauerstoffs erklären. — Auf dem trockenen Wege, oder in der Glühhitze, werden die flüchtigen Säuren durch das mit ihr verbundene Metall mehr fixirt; indeß wirken sie auf das Eisen ohne Zweifel nur eben so, als wenn sie mit Alkalien und Erden verbunden sind. Auf das quantitative Verhältniß des Eisens zum metallischen Salz, und auf die Beschaffenheit der Säure, so wie auf die Verbindungsfähigkeit des mit der Säure verbundenen Metalles zum Eisen kommt es an, ob das Resultat des Versuchs Eisenoxyd und Oxyd des anderen Metalles, oder Eisensalz und Oxyd des anderen Metalles, oder Eisensalz, Eisenoxyd und regulinisches Metall, oder bloß Eisenoxyd und regulinisches Metall, mit oder ohne Verbindung mit Eisen seyn wird. Ist die Säure nämlich flüchtig, so wirkt sie bloß oxydirend; ist sie feuerbeständig, so tritt sie an das Eisen, und läßt das andere Metall als solches, oder als Oxyd zurück. Ist mehr Eisen vorhanden, so wird dasselbe das Oxyd des Metalles ebenfalls reduciren u. s. f.

§. 286.

Unter den sogenannten **Neutral- und Mittelsalzen** werden auf dem nassen Wege nur die ammoniackalischen Salze theilweise zersetzt, wobei sich Eisenoxydhydrat, vielleicht auch ein basisches salzsaures oxydirtes Eisen und dreifache Salze bilden. Alle anderen Salze wirken nur dadurch, daß sie die Zersetzung des Wassers durch das Eisen befördern. Die Natronsalze scheinen jedoch eine Ausnahme zu machen und unter gewissen, noch näher zu ermittelnden Verhältnissen, wirklich durch Eisen und Wasser zersetzt zu werden. Dazu ist aber stets ein Zutritt von Kohlensäure aus der Atmosphäre erforderlich, so daß dann das entstandene Eisenoxyd auf die Säure des Salzes, und die Kohlensäure in der Atmosphäre auf das Natron wirksam sind. Solche Zersetzungen geschehen daher auch nur theilweise, und nur in solchen Fällen, wenn das Natron Gelegenheit hat, zu effloresciren.

Es fehlt nicht an Erfahrungen, daß das Eisen, wenn es viele Jahre im Wasser liegen bleibt, welches Salze mit alkalischer oder erdiger Basis aufgelöst hat, gänzlich zerstört wird, und daß sogar das Roheisen, welches der Einwirkung der Säure weit mehr widersteht, den Einflüssen der Salzauflösungen nicht entgehen kann. Roheisen, welches eine Reihe von Jahren hindurch in der Tiefe des Meeres versenkt war, ward in einem ganz zerstörten Zustande wieder angetroffen. Die Wirkungen der Salze erstrecken sich jedoch nur darauf, einen Theil des Eisens zu oxydiren, während ein anderer Theil Eisen in Verbindung mit der Kohle zurückbleibt. War das Roheisen von grauer Beschaffenheit, so blieb mit dem Kohleeisen auch der Graphit zurück. Das Eisen erleidet dabei fast dieselben Veränderungen, als wenn es mit sehr stark verdünnten Säuren lange Zeit stehen bleibt. Man schreibt jene Veränderungen gewöhnlich, jedoch mit Unrecht, der Einwirkung der Kohlensäure zu. Eben so wenig werden die salz- und schwefelsauren Salze im Meerwasser durch das Eisen zersetzt, sondern dieses wird als oxydirtes Eisen oder auch als Eisenoxydhydrat, in Folge der Wasserzersetzung durch das Eisen, fortgeschafft. Das zurückbleibende Kohleeisen (nicht der Graphit) besitzt die merkwürdige Eigenschaft, sich bei dem Trockenwerden an der Luft, durch Wasserzersetzung, stark zu erhitzen und sogar glühend zu werden, wie es auch bei dem Rückstand der Fall ist, welchen das mit schwachen Säuren längere Zeit behandelte Roheisen hinterläßt. — Auch in reinem Wasser kann das Roheisen, durch die Länge der Zeit, in eine scheinbar graphitische Masse verwandelt werden; alsdann ist es aber die Kohlensäure, welche aus der Luft an das Wasser tritt und eine Oxydirung eines Theils des Eisens bewirkt. Diese Umänderung erfolgt höchst langsam und ist, wegen des sich zugleich mit absetzenden Eisenrostes, nicht von den auffallenden Erscheinungen begleitet, welche das durch Meerwasser oder durch schwache Säuren gebildete Kohleeisen darbietet.

Rinman a. a O. II. 512. — Macculloch, über den Graphit im Roheisen; Archiv u. s. f. VIII. 43 u. f. — Erdmann's Journ. f. praktische Chemie IX. 175. — Annales des mines. IX. 508.

§. 287.

Wenn kohlensaure Neutral= und Mittelsalze mit Eisen geschmolzen werden, so daß der Grundlage des Salzes Gelegenheit gegeben wird, sich zu verschlacken, so soll nach Clouet's Versuchen (§. 152.) das Eisen in Stahl umgeändert werden. Ein großer Theil des Eisens soll dabei oxydirt und mit der Grundlage des kohlensauren Salzes verschlackt werden. Es soll die Kohlensäure in Sauerstoff und Kohlenstoff zerlegt, der erstere mit dem Eisen zu Oxydul und demnächst zur Schlacke verbunden, der letztere aber mit einem anderen Theil Eisen zu Stahl vereinigt werden. Eine Revision dieser Versuche und eine gründliche Prüfung der erhaltenen Producte haben die Herren Mushet und Boussingault vorgenommen, und gezeigt, daß keine Verbindung des Eisens mit Kohle, — wie sich wohl erwarten ließ, — statt findet, sondern daß die Härte, welche das Eisen bei diesem Schmelzen mit kohlensaurem Kalk in Thontiegeln annimmt, die Folge eines Siliciumgehaltes ist, welches das Eisen aus der Tiegelmasse aufnimmt.

Mushet; in den im §. 171. angezeigten Abhandlungen. — Boussingault, über den Siliciumgehalt des Stahls. Archiv u. s. f. V. 165 u. f.

§. 288.

Wenn Roheisen statt des Stabeisens mit feuerbeständigen kohlensauren Neutralsalzen, oder mit kohlensaurem Kalk, oder mit kohlensaurer Bittererde in Tiegeln geschmolzen wird, so ist der Erfolg die Bildung eines stahlartigen Eisens, welches vollkommen geschmeidig und dehnbar ist. Ganz frei von Kohle ist das Roheisen indeß durch diese Behandlung mit kohlensauren Verbindungen nicht leicht zu erhalten. Das vollkommenste Spiegel-

roheisen läßt sich auf diese Art sehr schnell in Stahl verwandeln. Kalcium nimmt das Eisen dabei nicht auf, auch nicht die Metalle der Alkalien, zum Beweis, daß die Verminderung des Kohlegehaltes im Roheisen vorzüglich auf die Weise geschieht (§. 242.), daß die Kohlensäure in den Neutralsalzen und in dem kohlensauren Kalk sich mit der Kohle im Roheisen zu Kohlenoxydgas verbindet. Dieser Erfolg dient zugleich zur vollständigsten Widerlegung der Clouetschen Hypothese.

Schmelzt man Phosphor haltendes Roheisen mit kohlensaurer Kalkerde und löst man die Kalkerde in Essigsäure auf, so findet sich in derselben keine Phosphorsäure. Wendet man aber kohlensaures Kali oder Natron, statt des kohlensauren Kalkes an, so bedarf es nicht einmal der Schmelzhitze, sondern nur einer rothen Glühhitze, um den Phosphor in Phosphorsäure umzuändern. Wird nämlich das geschmolzene oder mit dem Roheisen auch nur geglühete Alkali im Wasser aufgelöst, die alkalische Auflösung mit Essigsäure übersättigt und mit essigsaurem Bleioxyd versetzt, so schlägt sich sogleich phosphorsaures Bleioxyd nieder. Dies ist zugleich ein einfaches Mittel, um sich von dem Phosphorgehalt des Roheisens zu überzeugen.

§. 289.

Die schwefelsauren Neutral- und Mittelsalze werden durch das regulinische Eisen auf dem nassen Wege nicht zersetzt (§. 286.). — Auf dem trocknen Wege bewirkt das Eisen aber wirklich eine Zersetzung der Schwefelsäure. Nach Fourcroy soll sich dabei nicht blos schwefligte Säure bilden, welche als solche entweicht, sondern ein Theil Schwefelsäure soll zu Schwefel reducirt werden, der sich mit der alkalischen oder erdigen Grundlage des Salzes zur Schwefelleber verbindet, welche den im Ueberschuß zugesetzten und nicht oxydirten Antheil Eisen auflöst, und sich mit demselben, so wie mit dem oxydirten Eisen, verschlackt. In der Temperatur der Glühhitze würde der Schwefel neben dem Eisenoxyd nicht bestehen können, wenn er nicht an

die Grundlage des Alkali oder der Erde gebunden wäre und dadurch gegen die Einwirkung des Eisenoxyds geschützt würde. Das Resultat der Schmelzung ist also eine schwefelhaltige alkalische oder erdige Eisenschlacke. — Ob indeß bei dem Zusammenschmelzen von Eisen mit schwefelsauren Neutral- nnd Mittelsalzen wirklich schwefligte Säure gebildet wird, ist noch sehr problematisch. Wendet man so viel Eisen an, daß noch etwas unzerlegt bleibt, so bildet sich ein Sulphuret mit erdiger oder alkalischer Basis, welches einen Theil des sich bildenden Schwefeleisens aufnimmt. Dies Doppelschwefelsalz läßt sich in Säuren nicht auflösen, ohne Schwefel zu hinterlassen, zum Beweise, daß sowohl ein Theil des Alkali oder der Erde, als auch ein großer Theil Eisen bei diesem Schmelzprozeß oxydirt und verschlackt werden. — Roheisen bewirkt die Reduction der schwefelsauren Salze schneller als Stabeisen.

§. 290.

Die salpetersauren Neutral- und Mittelsalze verhalten sich gegen das regulinische Eisen auf dem nassen Wege eben so wie die schwefelsauren. — Auf dem trockenen Wege entsteht ein lebhaftes Verpuffen, wobei die Basis des Salzes kaustisch, und das Eisen oxydirt wird. Wenn das Eisen Kohle enthält, so entweicht zugleich Kohlensäure. Man hat von diesem Verhalten des Kohle haltenden Eisens zum Salpeter Gebrauch gemacht, um den Kohlegehalt des Eisens zu bestimmen, indem man das zum feinsten Pulver zerstoßene und durchgebeutelte Roheisen, mit der zehnfachen Menge gepulvertem Salpeter vermengte und das Gemenge in einer Porcellan-Retorte bis zum Glühen erhitzte. Statt der Retorte läßt sich auch ein bedeckter Platientigel anwenden, welcher in einem Thontiegel eingeschlossen ist. Dann muß das zu verpuffende Gemisch von Eisen und Salpeter immer in kleinen Portionen in den glühenden Platintiegel gebracht, dieser jedesmal wieder bedeckt und mit dem Eintragen einer neuen Portion so lange gewartet werden, bis der Tiegel wieder voll-

kommene Rothglühhitze erlangt hat. Nicht bloß zur Bestimmung des Gehaltes an Kohle, sondern auch zur Ermittelung der Quantitäten Schwefel und Phosphor, welche mit dem Eisen verbunden seyn können, ist dies Verfahren in Vorschlag und auch in Ausführung gebracht. Es erfordert eine große Aufmerksamkeit, um Verluste bei dem Verpuffen zu vermeiden, aber zur Bestimmung des Phosphorgehalts ist dies Verfahren ganz besonders zweckmäßig.

Berzelius; Afhandlingar i Physik, Kemi och Mineralogi. III. 128. etc.

§. 291.

Auch die salzsauren Neutral- und Mittelsalze verhalten sich auf dem nassen Wege eben so wie die schwefelsauren gegen das Eisen. Die Zersetzung des Salmiack durch das Eisen scheint eine gewisse Temperatur zu erfordern, die nicht unter 60° C seyn darf, denn in niedrigeren Temperaturen wirkt das Eisen auf eine wässrige Salmiackauflösung nicht anders als auf jede andere Salzauflösung, d. h. das Eisen beschränkt sich in seiner Wirkung blos auf die Zersetzung des Wassers und das darin aufgelöste Salz dient nur als Beförderungsmittel zur Wasserzersetzung und zur Oxydirung des Eisens. — Die mit Chlor verbundenen Basen der Alkalien und Erden scheinen auf dem trockenen Wege ohne Einfluß auf das Eisen zu seyn. Ich habe in Oberschlesien auch Frischversuche mit Zusatz von Kochsalz anstellen lassen, wobei sich die Säure in dicken, erstickenden Dämpfen entwickelte, ohne der Beschaffenheit des Eisens im geringsten nachtheilig zu seyn. Dem Geruch nach war die entweichende Säure aber gemeine Salzsäure, obgleich die Flamme eine ganz eigenthümliche, schwefelgelbe und bläulichgelbe Farbe hatte, und nicht ätherisch, sondern fett und schwer zu seyn schien, weshalb sie sich kaum erheben wollte. Es dürfte aber das Chlor von jeder nachtheiligen Einwirkung auf das Eisen wohl frei zu sprechen seyn.

Von großer Wichtigkeit ist die Anwendung des Salmiacks, in den erhöheten Temperaturen, wenn es darauf ankommt, zwei Metalle durch Löthen, oder durch Ueberziehen der Fläche des einen Metalles mit dem anderen Metall, zu vereinigen. Der Salmiack dient dann als das beste und erfolgreichste Vereinigungsmittel. Die auffallend günstige Wirkung des Salmiack läßt sich dadurch erklären, daß er die Flächen der zu vereinigenden Metalle reinigt und von allen anhängenden Oxydhäuten und Ueberzügen befreit, durch welche die Verbindung der Metalle verhindert wird. Ohne Zweifel findet dabei eine theilweise Zersetzung des Salmiack statt, welche durch die oxydirten Stellen der Metalle veranlaßt wird. Das Oxyd wird durch das Ammoniack zerlegt, verbindet sich mit Chlor und wird in dieser Verbindung mit dem größten Theil des unzersetzt bleibenden Salmiacks verflüchtigt.

§. 292.

Unter den eigentlichen Chlormetallen, welche von dem Eisen zersetzt und regulinisch dargestellt werden, ist das Verhalten des im Wasser unauflöslichen Chlorsilbers mit Eisen am interessantesten, weil dasselbe ein Mittel gewährt, nicht bloß den Kohlegehalt des Eisens mit ziemlicher Genauigkeit auszumitteln, sondern auch allenfalls den Zustand zu beurtheilen, in welchem sich die Kohle mit dem Eisen verbunden befand. Das Hornsilber muß im geschmolzenen Zustande angewendet werden und eine gelblichweiße, höchstens wachsgelbe Farbe besitzen. Der Zersetzungsprozeß wird in bedeckten Gefäßen mit vielem ausgekochtem Wasser und mit einem Zusatz von einigen Tropfen Salzsäure vorgenommen. Die zurückbleibende Kohle scheint aber auch bei diesem Prozeß schon eine Veränderung zu erleiden, wie aus den bei der Zersetzung sich entwickelnden Gasblasen und aus der Beschaffenheit der Kohle selbst hervorgeht, welche kein metallisches Ansehen besitzt und sich in der Glühhitze leicht und schnell verbrennen läßt.

Die weichen Eisenarten hinterlassen, bei dem Zersetzen durch Hornsilber, schwarzbraune, unmagnetische Kohle und eine graphitische Masse, ganz derjenigen ähnlich, welche durch Behandlung mit Säuren erhalten wird. Mit der Zeit verwandelt sich aber auch diese graphitische Masse durch Hornsilber in schwarzbraune Kohle, so daß die Anwendung des Hornsilbers ebenfalls kein Mittel gewährt, das Polycarburet (§. 215.) rein und ohne eine bereits erlittene Zersetzung darzustellen. Zwar läßt sich das Carburet durch Hornsilber in größerer Menge und vielleicht in größerer Reinheit als durch Auflösen in Säuren erhalten; allein es fehlt an einem sicheren Merkmal, woraus sich beurtheilen ließe, ob die Zersetzung weit genug oder schon zu weit vorgeschritten ist.

Das graue Roheisen läßt, außer dem Carburet, oder der graphitischen Masse, auch noch das ungebundene Kohlenmetall im Zustande des Graphites zurück. — Die harten Eisenarten geben bloß schwarzbraune Kohle, wenn die Zersetzung vollständig erfolgt ist. Aber der Prozeß schreitet bei den harten Eisenarten ungemein langsam fort, indem sich eine Kohlenrinde bildet, welche den noch unzersetzten Eisenkern umgiebt. Deshalb sowohl, als auch um die Menge der gebundenen Kohle in dem zu zersetzenden Roheisen möglichst zu vermindern, und die aus den Veränderungen, welche die gebundene Kohle erleidet, entspringenden Irrthümer, bei den quantitativen Bestimmungen des Kohlegehaltes, so viel als möglich zu beseitigen; ist es vorzuziehen, das harte Roheisen, — welches nur gebundene Kohle enthält, — durch Schmelzen in verschlossenen Thontiegeln und und durch höchst langsames Erkalten, in weiches, graues Roheisen zu verwandeln und dieses durch Hornsilber zu zersetzen. — Bei dem harten Stahl läßt sich dies Mittel zwar auch anwenden, allein mit einem weniger vollständigen Erfolge, weil die gebundene Kohle nur sämmtlich in Polycarburet verwandelt wird, indem sich kein Kohlenmetall als Graphit ausscheidet. —

Zu solchen Versuchen lassen sich nicht füglich mehr als 12 bis 15 Gran Roheisen (etwa 1 Gramm) anwenden, welche 80 bis 100 Gr. Hornsilber zum Zerlegen erfordern. Der Prozeß ist nach Verlauf von 12 bis 14 Tagen (bei Stabeisen und weichem Stahl früher) beendigt.

Die Rückstände, welche von dem reducirten regulinischen Silber nur auf mechanische Weise getrennt werden können, müssen nach dem Aussüßen längere Zeit in einer die Wassersiedhitze fast erreichenden Temperatur getrocknet und dann gewogen werden. Sie sind fast niemals frei von Eisen und Kieselerde. Deshalb müssen sie, nachdem sie gewogen sind, im offenen Platinatiegel verbrannt und so lange calcinirt werden, bis der Rückstand, wenn ein solcher vorhanden ist, sein Ansehen nicht mehr verändert und nicht mehr vom Magnet gezogen wird. Der Eisenoxydgehalt dieses, ebenfalls gewogenem Rückstandes, wird durch Salzsäure weggenommen und die Menge durch das Gewicht der zurück bleibenden Kieselerde bestimmt, wobei das gefundene Gewicht des Eisenoxyds auf metallisches Eisen reducirt wird, wogegen die Kieselerde als Oxyd in Rechnung kommt, indem das Silicium durch das Hornsilber vollständig in Kieselerde umgeändert wird.

Bei den grauen Roheisenarten ist es nothwendig, die Menge der ungebundenen Kohle (Graphit) und der gebundenen Kohle anzugeben. Weil die Rückstände, aus den eben angegebenen Ursachen, verbrannt werden müssen, so läßt sich die erforderliche Ausmittelung der Menge des ungebundenen Kohlenmetalles am besten durch Auflösen einer anderen Quantität Roheisen in Königswasser bewerkstelligen. Der Rückstand wird von der durch die Säure zersetzten Kohle, die sich im gebundenen Zustande in dem grauen Roheisen befand, so wie von der etwa vorhandenen Kieselerde, durch Aetzkali befreiet und nach dem Aussüßen getrocknet und gewogen. Das Gewicht giebt die Menge des ungebundenen Kohlengehaltes (Graphit) an, woraus, durch Abzug

von dem bei dem Zersetzen des Hornsilbers gefundenen Gewicht des ganzen Kohlegehaltes, die Menge der gebundenen Kohle gefunden wird. Durch die Anwendung von Salzsäure würde zwar alle gebundene Kohle unmittelbar entfernt werden können; es ist aber nicht rathsam, sich derselben zu bedienen, weil das Wasserstoffgas sehr leicht etwas Graphit mechanisch mit sich fortreißt.

Die Zersetzung des Hornsilbers durch graues Roheisen und durch weichen (nicht gehärteten) Stahl, gewährt daher wohl ein Mittel, die Menge der gebundenen Kohle mit ziemlicher Genauigkeit zu bestimmen, aber kein Mittel, die Zusammensetzung des Polycarburet mit Zuverlässigkeit zu erforschen. Der weiche (nicht gehärtete) Stahl, scheint nur Polycarburet und keine mit der ganzen Masse des Eisens verbundene Kohle zu enthalten. Dies scheint auch der Fall zu seyn, bei dem, durch anhaltendes Glühen vollständig in graues, weiches Roheisen umgeänderten weißen Roheisen, welches, eben so wie der weiche (nicht gehärtete Stahl) nur Polycarburet enthält. Aber es giebt graues Roheisen, — wohin besonders einige Arten von halbirtem Roheisen gehören, — welche außer dem Graphit, noch ein Polycarburet und außerdem Kohle enthalten, welche mit der ganzen übrigen Masse des Eisens verbunden ist. — Das weiße harte Roheisen und der gehärtete Stahl enthalten dagegen weder Graphit, noch ein Polycarburet, sondern der ganze Kohlegehalt ist an die Masse des Eisens gebunden. — Bei allem Kohleisen, welches die Kohle in einem zweifach gebundenen Zustande, nämlich theils als Polycarburet, theils mit der ganzen Masse des Eisens verbunden enthält, ist es bis jetzt noch nicht möglich, die quantitativen Verhältnisse beider Verbindungszustände anzugeben, sondern es muß nur aus den Erscheinungen bei dem Auflösen geschlossen werden, in welchem Zustande die Kohle mit dem Eisen verbunden war.

Von der Zersetzung des Kupferchlorids und des Eisenchlorids, durch das Roheisen ist schon oben (§. 168.) die Rede gewesen.

§. 293.

Die vegetabilischen Säuren wirken, in der Glühhitze, wie gewöhnliche Kohle auf das Eisen, weil sie sämmtlich verkohlt werden.

§. 294.

Die Wirkung der phosphorsauren Neutral- und Mittelsalze auf das Eisen auf dem nassen Wege beschränkt sich ebenfalls nur darauf, daß die Salze die Zersetzung des Wassers durch das Eisen befördern. — Auf dem trockenen Wege dürfte das reine Eisen diese Salze minder leicht als die schwefelsauren zersetzen. Wenn aber Kohle hinzutritt, oder wenn das Eisen selbst Kohle enthält, so wird ein geringer Theil der Phosphorsäure zum Theil zu Phosphor reducirt. Dieser Erfolg tritt jedoch nur bei den phosphorsauren Mittelsalzen ein; bei den phosphorsauren Neutralsalzen nicht, weil sich bei dem Glühen und Schmelzen des Phosphor haltenden Roheisens, phosphorsaures Alkali bildet (§. 288.), welches also durch die Kohle des Roheisens nicht wieder zu Phosphor reducirt werden konnte.

Berthier, in den Annales des mines. 3me Série. XIV. 137.

§. 295

Die arsenıksauren Neutral- und Mittelsalze werden in der Glühhitze durch das Eisen zerlegt, indem es sich des Sauerstoffs der Säure theilweise bemächtigt, sich verschlackt und die Arseniksäure zu weißem Arsenik umändert, welcher sich verflüchtigt. Etwas Arsenik scheint mit dem im Uebermaaß vorhandenen Eisen, und ein anderer Theil als Arsenikoxyd mit dem oxydirten Eisen in Verbindung zu treten.

Eisenoxyd und andere Körper.

§. 296.

Das Verhalten des oxydirten Eisens mit Kohle in der Glühhitze ist sehr bekannt. Dieser Körper kann dem Eisen den Sauerstoff in der Hitze entziehen und es reduciren. Die Kohle ist das Reductionsmittel, welches zur Darstellung des Eisens aus seinen Erzen, sowohl bei kleinen Proben, als auch im Großen angewendet wird. Wenn es möglich wäre, das Reductionsmittel genau in der Quantität zuzusetzen, welche zur völligen Entfernung des Sauerstoffs aus dem Eisenoxyd erforderlich ist, so würde das Resultat reines Eisen seyn müssen. Wäre von dem Reductionsmittel weniger vorhanden, so würde man reines Eisen und unzersetztes Oxyd zum Resultat erhalten. Clouets Versuche, nach welchen aus Stahl und Eisenoxyd geschmeidiges weiches Eisen erhalten wird, beweisen, daß der wirkliche Erfolg mit der Theorie übereinstimmt. Auch ist das Zusammenschmelzen von Stahl, oder von Roheisen mit Eisenoxyden, das einzige Mittel, ein von Kohle ganz befreites Eisen zu erhalten, welches die oben (§§. 12. 114.) erwähnten Eigenschaften besitzt. — Weil man aber in allen Fällen, wo man eine Reduction des Eisenoxyds beabsichtigt, das Reductionsmittel (Kohle) immer im Uebermaaß anwendet; so ist es sehr natürlich, daß das Resultat niemals reines Eisen seyn kann, sondern daß es kohlehaltiges Eisen seyn muß. (§. 152.) Dagegen macht man von der zersetzenden Einwirkung der Eisenoxyde auf das Roheisen, zur Verminderung des Kohlegehalts in dem letzteren, sehr häufig bei den Eisenfrischprozessen eine Anwendung, und bedient sich dazu nicht blos des oxydirten Eisens, sondern auch der Verbindung des Eisenoxyduls mit Kieselerde, welche unter dem Namen der Eisenfrischschlacke bekannt ist. Alle Eisenfrischschlacken sind jedoch zur Absonderung der Kohle aus dem Roheisen nicht geeignet, sondern nur solche, deren Gehalt an

Kieselerde nicht zu groß ist, wie in der Folge näher erörtert werden wird.

§. 297.

Die Reduction der Eisenoxyde durch **Kohle** erfolgt schon in einer schwachen Rothglühhitze. Das Eisenoxyd wird zuerst in ein magnetisches Oxyd umgeändert, überspringt also den Zustand des Oxyduls und tritt sogleich aus dem des Oxydul-Oxyds in den metallischen. Der Grund dieses Verhaltens liegt darin, daß das Oxydul für sich, und ohne Verbindung mit anderen Körpern, nicht bestehen kann. Die auf der Oberfläche eines Stückes Eisenoxyd eingeleitete Reduction pflanzt sich bis zum Mittelpunkt desselben fort. Daher wird ein Stück Eisenerz im Schmelzofen, ungleich früher als die Schmelzung eintritt, vollständig in regulinisches Eisen umgeändert, ohne einmal seine äußere Gestalt zu verändern. Die Wirkung der Kohle, dieses höchst feuerbeständigen und äußerst strengflüssigen Körpers, erstreckt sich also auf eine unbegreifliche Weise bis zum Mittelpunkt der oxydirten Masse, gerade so, wie bei der Reduction eines mit Säure verbundenen Metalloxydes auf dem nassen Wege, das reducirte Metall selbst die Reduction vollendet, wenn es vermittelst eines Leiters mit dem niederschlagenden Metall in Verbindung steht. Hier ist das Wasser, und dort die Wärme der Leiter, oder das verbindende Glied, welches eine unmittelbare Berührung des zu reducirenden Körpers mit dem Reductionsmittel unnöthig macht. So lange der innerste Kern eines Eisenoxyds noch keine Veränderung erlitten hat, bestehen die äußeren Schichten des zu reducirenden Stückes noch aus Oxydul-Oxyd. Pflanzt sich aber der Einfluß der Kohle bis zum Mittelpunkt fort, so haben die äußeren Schichten schon allen Sauerstoff verloren und stellen ein reines, kohlefreies Eisen dar. Haben auch die den innersten Kern bildenden Schichten allen Sauerstoff verloren, so sind die äußersten Schichten nicht mehr reines Eisen, sondern sie haben schon Kohle aufgenommen.

Dabei kann aber das reducirte Metall die äußere Gestalt und den Umfang behalten, die es im oxydirten Zustande besaß, und erst alsdann, wenn die Temperatur sehr bedeutend erhöhet wird, treten die reducirten Theilchen näher zusammen und vereinigen sich zuletzt zu einem Regulus, der bald die Eigenschaften des Gußstahls, bald die des weißen oder des grauen Roheisens besitzt.

§. 298.

Daß nicht bloß die Kohle, sondern auch das Kohlenoxydgas, die Eisenoxyde, in der erhöheten Temperatur unter Bildung von Kohlensäure, zu regulinischem Eisen reducirt, hat Hr. Despretz nachgewiesen und Hr. Dulong bestätigt (Ann. de Chimie et de Physique. T. 43. p. 222.). Hr. le Play hat später wiederholt auf die reducirende Wirkung des Kohlenoxydgases aufmerksam gemacht (Erdmanns Journ. für praktische Chemie VII. 222.); er hat gezeigt, daß oxydirtes Eisen, unter Umständen, bei denen es mit der Kohle durchaus nicht in unmittelbare Berührung kam, in einem verschlossenen Gefäß, in welchem sich nur etwas atmosphärische Luft befand, in einer angemessenen Temperatur reducirt ward, und daraus mit Recht geschlossen, daß die Reduction dadurch bewirkt worden seyn müsse, daß das aus der Einwirkung der in dem Gefäß eingeschlossenen atmosphärischen Luft auf die glühende Kohle gebildete Kohlenoxydgas, dem Eisenoxyd Sauerstoff entzogen habe und selbst dabei in kohlensaures Gas umgeändert worden sey, welches dann abermals durch Aufnahme von Kohle zu Kohlenoxydgas verändert worden, und daß diese Umänderung in Kohlenoxydgas und in Kohlensäure durch wechselsweise erfolgende Aufnahme von Kohle oder von Sauerstoff, bis zur vollständigen Verbrennung der Kohle, oder bis zur vollständigen Reduction des Eisenoxyds fortgesetzt werde. So richtig diese Erklärungsweise auch ist, so wird sie doch nur in seltenen Fällen Anwendung finden, sobald das sich bildende Kohlenoxydgas frei zu entweichen Gelegenheit

findet. Am wenigsten würde diese Erklärung eine Anwendung auf die Reduction der Eisenerze in Schachtöfen finden, indem das Kohlenoxydgas aus der Gicht des Ofens entweicht und das oxydirte Eisen im Schacht des Ofens überall mit glühenden Kohlen umgeben ist, durch welche die Reduction unmittelbar erfolgt, ohne daß es dazu erst die Vermittelung eines sich zersetzenden Gases bedürfte, besonders unter Umständen, welche mehr die Bildung als die Zerlegung dieses Gases herbeiführen.

Berthier; über die Cementation des Eisenoxyds mit Kohle; im Archiv f. Berghau. IX. 513 u. f.

§. 299.

Schwefel ist ebenfalls ein Reductionsmittel für das Eisenoxyd; allein wegen der großen Verwandtschaft desselben zum Eisen ist es unmöglich, reines Eisen durch die Reduction seines Oxyds vermittelst des Schwefels zu erhalten. Durch mehrmalige Destillation des Schwefels über Eisenoxydul oder Eisenoxyd, wobei die Hitze aber bis zum Rothglühen verstärkt werden muß, entsteht Schwefeleisen, welches die Zusammensetzung des Magnetkieses zeigt. Wird gleich anfänglich eine zu starke Hitze gegeben, so verflüchtigt sich der Schwefel und es bleibt blos oxydirtes Eisen zurück. Nach den verschiedenen Graden der Hitze kann das Resultat auch ein Gemenge des bereits gebildeten Schwefeleisens mit verschlacktem Eisen in sehr abweichenden Verhältnissen beider Substanzen seyn. Es scheint nämlich, daß Schwefeleisen und Eisenoxyd in den niedrigeren Graden der Glühhitze noch keine Wirkung auf einander äußern, sondern daß sie sich gemeinschaftlich verschlacken. Daß sich in den höchsten Graden der Temperatur, wobei die Masse flüchtig wird, bei einem richtigen Verhältniß des Schwefeleisens zum oxydirten Eisen, reines Eisen bildet, ist ebenfalls noch sehr problematisch.

Wenn man Eisenoxyd (nicht Oxydul) mit Schwefel zusammen reibt, und das Gemenge in schwacher Hitze (so daß kein Schwefeleisen entstehen kann) so lange erhitzt, bis keine

schwefligte Säure mehr übergeht, so erhält man nach Berzelius eine Verbindung, welche ein kastanienbraunes, dem Magnet folgsames, sehr entzündliches Pulver bildet, und sich nur sehr schwer, und nach langem Digeriren und Concentriren, in Säuren auflöst, wobei sich kein Schwefelwasserstoff entbindet, indem der Schwefel unaufgelöst zurückbleibt und nur das Oxydul von der Säure aufgenommen wird. Die Natur dieser Verbindung ist noch nicht bekannt.

Wird rothes Eisenoxyd bis zum Rothglühen in einer Glasröhre erhitzt und Schwefelalkohol durchgetrieben, so entsteht, nach Berzelius und Marcet, Schwefeleisen, und es findet eine Entbindung von schwefligsaurem Gas und kohlensaurem Gas statt. — Von den verschiedenen Verbindungen des Eisens mit Schwefel, welche sich durch die Reduction der Eisenoxyde, vermittelst des Schwefelwasserstoffgases in verschiedenen Temperaturen darstellen lassen, ist schon vorhin (§§. 172. 174.) die Rede gewesen.

Berzelius, in Gilbert's N. Annalen d. Phys. XVIII. 178. — Berzelius und Marcet, Ebendas. 144. 148. f.

§. 300.

Phosphor zeigt, wegen der Feuerbeständigkeit seiner Säure, ein anderes Verhalten, indem sich Phosphorsäure bildet, welche sich mit einem Theil des Oxyds verbindet, während das reducirte Eisen mit einem anderen Theile Phosphor zu Phosphoreisen in Verbindung tritt. Ist die Quantität Phosphor im Verhältniß zum Sauerstoff des Oxyds sehr groß, so werden phosphorsaures Eisen und Phosphoreisen entstehen, weil die feuerbeständige Säure nicht entfernt, folglich immer nur ein Theil Eisen reducirt werden kann, welcher mit dem Phosphor in Verbindung tritt. Wäre aber auch das Verhältniß des Phosphor zum Oxyd nur sehr gering, so würde auch dann Phosphoreisen entstehen müssen, weil sich Eisen und Phosphor in dem Verhältniß im Sauerstoff theilen, welches zur Darstellung des

phosphorsauren Eisens nöthig ist. Es ist daher, nach Analogie mit dem Verhalten des Schwefels zu schliessen, nicht möglich, daß reines metallisches Eisen durch die Reduction des Oxyduls durch Phosphor hervorgebracht werden kann, und zwar um so weniger, als die Phosphorsäure nicht entweichen kann, sondern mit dem Eisenoxydul verbunden bleibt. Daraus würde indeß noch nicht nothwendig folgen, daß Phosphoreisen (in so fern es sich in solchem Zustande befindet, daß es bei dem Glühen nicht von selbst Phosphor entläßt) und Eisenoxyd keine Wirkung auf einander haben, oder daß der mit Eisen verbundene Phosphor die Reduction des Eisenoxyds nicht zu bewirken vermögte; sondern es folgt nur daraus, daß auch bei einem überaus großen Verhältniß des Eisenoxyds zum Phosphoreisen nicht aller Phosphor in Säure verwandelt werden kann, und daß immer ein Theil mit dem Eisen zu Phosphoreisen verbunden zurückbleiben muß. Ueber die gegenseitige Einwirkung des Phosphoreisens und des Eisenoxyds sind jedoch noch keine Versuche angestellt worden und es muß daher noch unentschieden bleiben, ob beide Körper wirklich auf einander wirken, welches, wenn es wirklich der Fall seyn sollte, wahrscheinlich nur in sehr hohen Temperaturen geschieht.

§. 301.

Bei der Kohle können die Erscheinungen deshalb ganz anders seyn, weil die neu entstehende Verbindung der Kohle mit dem Sauerstoff des Eisenoxyds flüchtig ist, und gleich nach ihrer Entstehung aus dem Wirkungskreise entfernt wird. Bei einem geringen Verhältniß des Reductionsmittels zum Eisenoxyd wird sich also das erstere gänzlich verflüchtigen, und es werden reines Eisen und Eisenoxyd entstehen. Eben deshalb kann auch das Kohle enthaltende Eisen, durch Zusammenschmelzen mit Eisenoxyd, in so ferne das Verhältniß des letzteren nur groß genug ist, von aller Kohle vollständig befreiet werden (§. 152.). — Ein gleicher Erfolg wird eintreten, wenn statt des Kohleisens,

das Schwefeleisen der Einwirkung der Eisenoxyde ausgesetzt wird, nur daß die Temperatur dabei bedeutend hoch seyn muß. Die Eisenoxyde werden sich folglich auch durch Schwefel, ohne Rückhalt von Schwefeleisen, zu reinem Eisen reduciren, wenn das Verhältniß des Oxydes so überwiegend ist, daß nach vollbrachter Schmelzung noch ein Theil Eisenoxyd im unzersetzten Zustande übrig bleibt. Bei den gewöhnlichen Eisenproben und bei dem Verschmelzen der Eisenerze im Großen, wird sich niemals reines Eisen bilden können, weil das Reductionsmittel, nämlich die Kohle, im Uebermaaß vorhanden ist; wenn es aber geschieht, so liegen der Erscheinung besondere Ursachen zum Grunde. Eben so muß auch bei der Reduction der Eisenoxyde durch Kohle, die Verbindung des Eisens mit Kohle (das weiße Roheisen) erst gebildet seyn, ehe die Verbindung des mit einem geringen Antheil Kohle vereinigt bleibenden Eisens mit Graphit (das graue Roheisen) entstehen kann; denn diese letztere Verbindung ist offenbar eine aus der ersteren abgeleitete, welche nur unter gewissen Umständen aus ihr entstehen kann.

§. 302.

Eine Verbindung der Metalloxyde mit regulinischen Metallen findet nicht statt, folglich auch nicht bei den Eisenoxyden. Dagegen verbinden sich die metallischen Oxyde mit anderen oxydirten Körpern, in der Schmelzhitze, zu glasartigen Körpern, oder zu Schlacken. Die Schlacken enthalten zuweilen Verbindungen von metallischen Substraten (Erdbasen) mit Schwefel. Diese Sulphurete kommen indeß immer nur in sehr geringer Menge in den Schlacken vor, obgleich es nicht minder merkwürdig bleibt, daß sie neben den oxydirten Gemischen bestehen können, ohne zersetzt zu werden. Aehnliche Verbindungen von Sulphureten mit oxydirten Körpern sind zwar nicht unbekannt, aber sie pflegen nur bei den Oxyden und den Schwefelverbindungen eines und desselben Metalles vorzukommen. — Die durchsichtigste bekannte Schlacke ist die aus der Verbindung der

dasjenige Oxyd, welches nicht blos bei sehr vielen in der Natur vorkommenden Mineralkörpern, sondern auch bei den Gläsern und Schlackenverbindungen sich als Säure verhält. Diese Ansicht hat zu vortrefflichen Aufschlüssen geführt und besonders auch Veranlassung gegeben, die Schlackenbildungen von einer anderen Seite zu beurtheilen, als es vorher geschehen ist.

Bei allen hüttenmännischen Operationen, bei welchen Schlakken gebildet werden, entstehen in der Regel eigenthümliche Silikate, die sich mehr oder weniger vollständig ausbilden. In manchen Fällen wird es ausführbar seyn, den Erfolg des Prozesses zu verbessern, wenn man die Zusammensetzung der Schlacke nach theoretischen Grundsätzen abzuändern bemüht ist. Diese Bestrebungen haben indeß auch eine gewisse Gränze, und man darf nicht zu viel davon erwarten, weil die Höhe der Temperatur, in welcher die Operation vorgenommen wird, es nur in den wenigsten Fällen gestattet, eine nach theoretischen Regeln gebildete Schlacke zu erzeugen. Schlacken, bei welchen das Verhältniß der Basen (Erden, oder Metalloxyde), zur Säure (Kieselerde) den chemischen Mischungsgewichten genau, oder fast genau entspricht, werden höchst selten und fast nur ausnahmsweise erzeugt, und es wird nur selten der Fall eintreten, wo sich behaupten ließe, daß der Prozeß durch eine Abänderung in der Zusammensetzung der Schlacke, durch welche ein solches Mischungs-Verhältniß genau erreicht wird, wirklich verbessert werden würde. Dennoch bleibt es aber höchst wichtig, den wahren Vorgang bei der Schlackenbildung zu kennen, indem es bei einer genaueren Kenntniß von dem Verhalten der Silikate in Zukunft vielleicht einmal möglich wird, daß die Theorie der Praxis auch in dieser Hinsicht förderlich wird, wovon sie jetzt noch sehr weit entfernt ist.

Ueber die Beschaffenheit der Schlacken, welche sich bei den verschiedenen Eisenhüttenprozessen bilden, wird bei der speciellen Betrachtung derselben näher die Rede seyn. Silikate aus Kiesel-

erde und einer Basis kommen nur höchst selten vor; in der Regel entstehen Silikate mit wenigstens zwei Basen und häufig sind die Schlacken ungemein zusammengesetzt.

Silikate des Eisenoxyds kommen bei den Eisenhüttenprozessen gar nicht vor, weil die Kohle dabei niemals ausgeschlossen wird. Die Eisenoxyd-Silikate als Producte künstlicher Zusammensetzung sind noch unbekannt. Das Eisenoxydul-Silikat, welches unter dem Namen Eisenfrischschlacken allgemein bekannt ist, wird um so strengflüssiger, je mehr das Verhältniß der Kieselerde abnimmt. Einen hohen Grad von Leichtflüssigkeit besitzen das Eisenoxydul-Silikat und das Eisenoxydul-Bisilikat. Letzteres erfordert jedoch schon eine stärkere Hitze, um flüssig zu werden. Ziemlich strengflüssig ist das Eisenoxydul-Trisilikat.

Ein sehr schöner Anfang zur näheren Kenntniß der Silikate ist durch Hrn. Starbäck gemacht worden. Es ist zu wünschen, daß diese Versuche bald noch mehr Nachfolger finden mögen, als es schon durch die Herren Berthier und Sefström (§. 303.) geschehen ist.

Starbäck, Versuche zur Bestimmung der Schmelzbarkeit der auf synthetischem Wege gebildeten Schlacken. Archiv f. Bergbau. XIV. 176 u. f.

§. 305.

Die kohlensauren Alkalien (kohlensaures Kali und Natron) werden durch Eisenoxyd schon in starker Rothglühhitze zersetzt, indem das Eisenoxyd die Kohlensäure austreibt und sich mit dem Alkali zu einer zusammengefritteten oder auch geschmolzenen Masse verbindet. Diese Verbindung wird indeß durch Wasser wieder in Alkali und Eisenoxyd zerlegt. Das Verhalten des Eisenoxyds zu den kohlensauren Erden (kohlensaure Kalk- und Bittererde) ist weniger bekannt, obgleich es dabei nur auf die nähere Bestimmung der Temperatur ankommen dürfte, in welcher

das Eisenoxyd die Kohlensäure von den Erden absondert und sich mit den letzteren vereinigt.

Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie B. 43. S. 117.

§. 306.

In der Natur kommt das oxydirte Eisen theils rein, theils mit einigen Metalloxyden, mit Säuren, mit Schwefel, vorzüglich aber mit den Oxyden einiger Erdenmetalle, in einem Zustande der Verbindung vor, welchen die Kunst nicht nachzubilden vermag. Die künstlichen Verbindungen des oxydirten Eisens mit den Oxyden der gewöhnlichen sowohl, als der Erdenmetalle, haben immer ein geflossenes, glasartiges Ansehen, wogegen die Natur uns diese Verbindungen entweder mit einem eigenthümlichen Metallglanze oder in erdiger Gestalt darstellt. Wir kennen die Kräfte und Mittel nicht, welche die Natur anwendete, diese Verbindungen hervorzubringen, und sind daher kaum berechtigt, zwei Verbindungen, in denen die chemische Analyse ganz gleiche Bestandtheile auffindet, für völlig einerlei zu halten. Das reine natürliche Eisenoxyd bietet ein merkwürdiges Beispiel des Vorkommens in zweifacher Form (als Eisenglanz und als Rotheisenstein) in einem Zustande dar, in welchem ganz gleiche Bestandtheile aufgefunden werden, obgleich man beide Verbindungen nach dem äußeren Ansehen, und sogar nach ihrem Verhalten im Feuer und gegen Säuren, für zwei ganz verschiedene Körper halten mögte.

Unterschied des Roheisens, des Stabeisens und des Stahls.

§. 307.

Machen wir jetzt einen Rückblick auf die Verbindungen des Eisens mit anderen Körpern (§§. 136—295.), so ergiebt sich, daß es nur sehr wenig bekannte Körper giebt, von denen es zweifelhaft ist, ob sie keiner Vereinigung mit dem Eisen fähig sind. Die Natur liefert das Eisen niemals rein und in einem

Zustande, der es ohne Bearbeitung brauchbar machte. Da, wo es am reinsten gegeben wird, ist es mit Sauerstoff verbunden, und erscheint als reines oxydirtes Eisen; in den mehrsten Fällen ist das Oxyd mit anderen Metalloxyden, mit Erden, mit Phosphorsäure, mit Kohlensäure, mit Wasser chemisch vereinigt, oder mit geschwefeltem Eisen, oder mit schwefelsauren Verbindungen (Gips, Schwerspath) so innig vermengt, daß eine mechanische Abscheidung in manchen Fällen unmöglich ist. Aus diesen seinen natürlichen Verbindungen, oder aus den Erzen, kann das Eisen nur durch die Reduction dargestellt werden. Bis jetzt ist nur ein einziges, im Großen anwendbares Reductionsmittel für das Eisen bekannt, die Kohle, welche aber auch zugleich ein Reductionsmittel für alle anderen oxydirten Körper ist, mit denen das Eisen in seinen Erzen vorkommt, und welche sich während der Reduction mit dem Eisen selbst verbindet und demselben ganz eigenthümliche Eigenschaften verleiht.

§. 308.

Das Eisen kann in den mehrsten Fällen aus seinen Erzen nicht dargestellt werden, ohne zugleich eine neue Verbindung mit seinem Reductionsmittel einzugehen. Hätte das Eisen, wie die mehrsten Metalle, keine Verbindungsfähigkeit mit der Kohle, wenigstens nicht unter Verhältnissen, wie sie bei der Reduction des oxydirten Metalles durch Kohle statt finden, so würde die Darstellung des Eisens aus seinen Erzen ungemein einfach erscheinen. Wäre dagegen die Anziehung der Kohle zum Eisen so groß, daß sie von dem letzteren nicht getrennt werden könnte, so würden uns das reine Eisen und der Stahl völlig unbekannt seyn, weil sie durch die Kunst nicht würden dargestellt werden können; wir würden das Eisen nur in dem Zustande seiner Verbindung mit Kohle, also als Roheisen, kennen und erzeugen können. Aber derselbe Körper, der durch die Kohle von dem Eisen aus seinen natürlichen Verbindungen in den Eisenerzen entfernt ward, vermag auch die Kohle wieder von dem Eisen

zu trennen. Der Widerspruch, welcher in dieser Erscheinung zu liegen scheint, indem die Kohle einmal den Sauerstoff, und der letztere ein anderes Mal die Kohle vom Eisen abscheidet, ist nur scheinbar, und wird dadurch gehoben, daß man sie auf die Verwandtschaft des Sauerstoffs zur Kohle zurückführt. Deshalb kann auch nur dann eine Verbindung des Eisens mit Kohle entstehen, wenn weder freier, noch (an oxydirtem Eisen) gebundener Sauerstoff vorhanden ist, um die Vereinigung der Kohle mit dem Eisen zu verhindern. Aber die Abscheidung der Kohle von dem Eisen, wenn diese Verbindung wirklich zu Stande gekommen ist, kann, wenn sie nicht durch gebundenen Sauerstoff (durch Eisenoxyde) erfolgt, sondern durch ungebundenen Sauerstoff (durch die Gebläseluft) bewirkt wird, kaum auf andere Weise geschehen, als daß sich ein Theil des Eisens in demselben Augenblick oxydirt, in welchem es seinen Kohlenstoff dem Sauerstoff abtritt. Je mehr Kohle das Eisen enthält, desto schwieriger ist die Abscheidung durch ungebundenen Sauerstoff, ohne viel Eisen gleichzeitig zu oxydiren.

Black's Vorlesungen über die Grundlehren der Chemie, herausgegeben von Robison, aus dem Engl. von L. v. Crell, III. S. 373 u. 374.

§. 309.

Fände die Verbindung der Kohle mit dem Eisen immer auf gleiche Weise statt, so würde ein unbemerkbarer Uebergang aus dem reinsten Stabeisen bis in das am mehrsten Kohle haltende Roheisen statt finden müssen, etwa so wie Hr. Mushet eine solche Scale des Kohlegehaltes angegeben hat (§. 155.). Dann würde aber das Kohleeisen bei dem Glühen, Schmelzen, bei der Behandlung mit Säuren und bei der Verbindung mit anderen Körpern immer dieselben Erscheinungen zeigen müssen, welche nur dem Grade nach verschieden seyn könnten. Wenn sich aber auch die großen Verschiedenheiten, welche das Kohleeisen in seinen physikalischen Eigenschaften, in der Härte, Festig-

keit, Farbe, im magnetischen Verhalten u. s. f. zeigt, allenfalls durch den verschiedenen Gehalt an Kohle erklären ließen, so läßt sich dadurch nicht erklären, warum das weiße Roheisen unter gewissen Umständen grau, und das graue weiß werden kann, ohne daß sich die Quantität der Kohle verändert. Die Erfolge bei dem Schmelzen und Glühen, so wie die Producte, welche bei der Analyse der verschiedenen Arten des Kohleeisens erhalten werden, haben zu dem Resultat geführt, daß die Kohle mehrfacher Verbindungszustände mit dem Eisen fähig ist. Dieses Resultat wird durch die physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Arten des Kohleeisens, so wie durch ihr abweichendes magnetisches Verhalten (§. 72.) so vollkommen bestätigt, daß es nicht mehr in Zweifel gezogen werden kann.

Nur das graue Roheisen enthält ungebundene Kohle, in einem Zustande der Verbindung, welche nicht mehr chemisch genannt werden kann. Das Kohlemetall (der Graphit) und die übrige Masse, aus welcher das graue Roheisen besteht, sind neben einander abgelagert, etwa wie 2 Metallmischungen, die sich bei dem langsamen Erkalten eines aus 10 Theilen Kupfer und 1 Theil Zinn zusammengesetzten Metallgemisches jederzeit bilden. Aber die übrige Masse des grauen Roheisens ist nicht reines Eisen, also das graue Roheisen kein Gemenge von Eisen mit Graphit, sondern vielmehr ein Gemenge von Kohle haltendem Eisen (Stahl) mit Kohlemetall. — Bei der Einwirkung der Säuren auf das graue Roheisen, nimmt der Graphit an den Veränderungen, welche das Eisen und die mit ihm verbundene Kohle erleiden, nicht weiter Theil, als daß er auf mechanische Weise den Angriff schwächt. Aber die an dem Eisen wirklich gebundene Kohle muß, bei der Einwirkung der Säuren, allen den Veränderungen unterliegen, welche das Eisen selbst erleidet. Bei allen Säuren, welche sich durch Wasserzersetzung wirksam zeigen, vereinigt sich der Wasserstoff mit der Kohle. Sie wird daher entweder gasförmig in Verbindung mit Wasser-

stoff verflüchtigt; oder sie nimmt außer dem Wasserstoff auch noch Sauerstoff auf und bildet eine ölartige Flüssigkeit und käseartige Gerinnungen; oder sie bleibt als eine schwarze, leicht brennbare Substanz (wahrscheinlich als oxydirte Kohle, die noch Wasserstoff und Sauerstoff enthält) unaufgelöst zurück. Bei den Säuren aber, die dadurch auf das Eisen wirken, daß sie selbst den Sauerstoff an dasselbe abtreten (Salpetersäure und concentrirte Schwefelsäure in der erhöheten Temperatur) muß die Kohle ebenfalls mit oxydirt werden, so daß sie entweder als kohlensaures Gas entweicht (welches jedoch nur zum geringsten Theil geschieht), oder daß sie in einem besonderen oxydirten Zustande von der Säure mit aufgelöst wird; oder daß sie als stärker oxydirte Kohle, nämlich als ein röthlichbraunes, leicht entzündliches Pulver zurück bleibt. Dieser Erfolg wird immer eintreten müssen, wenn die Kohle mit der ganzen Masse des Eisens zu einer homogenen Verbindung vereinigt ist. — Enthielte das Kohleeisen aber eine, in bestimmten Verhältnissen zusammengesetzte Verbindung von Kohle mit Eisen, welche man sich ebenfalls in einem innigen Gemenge mit der übrigen Masse des Eisens denken kann, und widerstände diese Verbindung der Einwirkung der Säure (etwa so, wie ein großer Theil des Phosphoreisens unaufgelöst zurückbleibt, wenn man zur Auflösung des Phosphor haltenden Roheisens Salzsäure anwendet), so würde sich dieses Carburet durch die Auflösung des Kohleeisens in Säuren, oder durch die Reduction des Hornsilbers durch Kohleeisen, darstellen und erhalten lassen. Ein solches Carburet ist nun wirklich in dem weichen (nicht gehärteten) Stahl, in dem durch anhaltendes Glühen grau, weich und geschmeidig gewordenen weißen Roheisen, und in der Masse des grauen Roheisens vorhanden; aber es wird von den Säuren so schnell zerstört, daß es nur als Erscheinung und in einem nicht mehr vollkommenen Zustande wargenommen und dargestellt werden kann. Die Wirkung der Säuren auf Kohleeisen, welches ein solches Polycarburet

enthält, kann daher zwar schneller, als bei dem weißen Roheisen und bei dem gehärteten Stahl erfolgen, in welchem die ganze Masse des Eisens mit aller vorhandenen Kohle zu einer homogenen Verbindung vereinigt ist; allein sie wird sich auch um so kräftiger auf die Kohle äußern, weil diese nur an einer geringen Quantität Eisen chemisch gebunden ist. Die Salpetersäure verwandelt die Kohle daher bei den weichen Eisenarten schon in ein röthlichbraunes Pulver, wenn sich ihre Wirkung bei den harten Eisenarten zunächst nur darauf erstreckt, die Kohle als eine schwarze, unmetallische Substanz abzuscheiden, welche erst bei der fortgesetzten Einwirkung der Säure in jenes röthlichbraune Pulver umgeändert wird. Verdünnte Salz- und Schwefelsäure hinterlassen, bei dem Auflösen der weichen Eisenarten, eine sehr voluminöse, graphitische Verbindung, welche als das Polycarburet, obgleich in einem schon etwas veränderten Zustande, anzusehen ist, wogegen sie die harten Eisenarten sehr langsam und mit Hinterlassung von wenig schwarzer, kohlenartiger Substanz auflösen.

§. 310.

Der Zustand, in welchem sich die Kohle im kohlehaltigen Eisen befindet, ist also ein dreifacher, indem sie theils im ungebundenen Zustande, als Kohlenmetall oder als Graphit, vom Eisen aufgenommen wird, theils mit der ganzen Masse des Eisens verbunden, theils endlich mit einer gewissen Quantität Eisen zu einer chemischen Verbindung vereinigt ist und von einer anderen überwiegenden Quantität Eisen, welche an jener Verbindung keinen unmittelbaren Antheil nimmt, aufgelöst gehalten wird. Von der Menge der Kohle ist der Grad der Weichheit des Eisens niemals abhängig, sondern dieser wird bloß durch das bestimmtere Hervortreten der Kohle bedingt, sey es als freie ungebundene Kohle (als Kohlenmetall), oder als Polycarburet. Die Menge der Kohle wird folglich in dem weichen Eisen genau so groß seyn können, als in dem harten, aus welchem es entstanden ist.

Es würde jetzt näher zu untersuchen seyn, ob allen diesen Verbindungen bestimmte Mischungsgewichte zum Grunde liegen, oder ob sie nach ganz unbestimmten Verhältnissen statt finden. Bei diesen Untersuchungen ist natürlich bei dem weißen Roheisen der Anfang zu machen, weil die Carburete, welche die weichen Eisenarten enthalten, nur abgeleitete Verbindungen sind, die zwar im völlig ausgebildeten Zustande unbezweifelt ein bestimmtes Mischungs-Verhältniß besitzen, deren Quantität aber von der Menge der Kohle überhaupt abhängig seyn muß, welche das Eisen im weißen und harten Zustande aufgenommen hatte. Von der Zusammensetzung dieser Carburete ist schon oben (§. 215.) gehandelt worden.

Weil noch niemals ein weißes Roheisen angetroffen worden ist, welches volle 6 Procent Kohle enthielt, und weil dies weiße Roheisen am Gewicht nicht zunimmt, wenn es lange Zeit im Kohlentiegel mit einer Decke von Kiehnruß im Fluß erhalten wird, so muß daraus geschlossen werden, daß das mit einer Umgebung von Kohle geschmolzene Eisen nicht mehr als höchstens gegen 6 Procent Kohle aufzunehmen vermag. Dies ist ungefähr der Kohlegehalt, welcher in dem vollkommensten und reinsten weißen Roheisen mit den ausgezeichnetsten Spiegelflächen angetroffen wird. Dies Roheisen könnte man ein neutrales nennen, weil die Mischungsverhältnisse des Eisens mit der Kohle in diesem Roheisen von der Art sind, daß dasselbe als ein Subcarburet von bestimmter Mischung betrachtet werden kann. So wie die Kohle in dem Kohlenschwefel und in Kohlenwasserstoffgas mit Schwefel und mit Wasserstoff verbunden ist, so findet sie sich in dem harten, weißen Roheisen mit ausgezeichneten Spiegelflächen mit Eisen vereinigt.

Versucht man es, den Kohlegehalt der übrigen weißen Roheisenarten mit einem geringeren Kohlegehalt auf ein bestimmtes Mischungsgewicht zum Eisen zurück zu führen, so erhält man Verhältnisse, deren Vorhandenseyn ganz unwahrscheinlich ist.

Die Gleichartigkeit der Masse läßt es aber kaum bezweifeln, daß das Eisen und die Kohle sich darin nicht in dem Zustande der gegenseitigen Verbindung befinden, ohne daß ein Theil Eisen von dieser Verbindung ausgeschlossen wäre. Es scheint daraus zu folgen, daß die Kohle und das Eisen zu denjenigen Körpern gehören, die sich bis zu einem gewissen Maximo des Kohlegehaltes in allen Verhältnissen mit einander verbinden können, und daß diese, im Zustande der Flüssigkeit entstandene Verbindung, unter gewissen Umständen (bei dem plötzlichen Erstarren) auch nicht aufgehoben wird.

§. 311.

Aus den früheren Untersuchungen geht hervor, daß das weiße Roheisen und der gehärtete (weiße) Stahl, zu einer und derselben Art der Verbindung der Kohle mit dem Eisen gerechnet werden müssen. Es entsteht daher die Frage: welches ist die Gränze des Kohlegehaltes, von welcher ab das Eisen nicht mehr weißes Roheisen, sondern Stahl genannt werden kann? Die Beantwortung erfordert mehre sorgfältige Analysen, welche bis jetzt noch nicht so vollständig angestellt worden sind, um eine ganz bestimmte Antwort geben zu können. Es scheint überhaupt, daß eine solche Gränze **nicht vorhanden** ist, und daß alles weiße Eisen, dessen Kohlegehalt nicht über $2\frac{1}{2}$ Procent beträgt, mit gleichem Recht Roheisen und sehr harter Stahl genannt werden kann. Bei diesem Kohlegehalt läßt sich das Eisen im weißen Zustande natürlich nicht schmieden; allein es erlangt schon einige Geschmeidigkeit, wenn es sehr sorgfältig erhitzt und glühend bearbeitet wird. Bei sehr vielen Arten des härtesten Gußstahls, von dessen Bereitungsart man nicht unterrichtet ist, würde es dem geübtesten Auge unmöglich seyn, zu entscheiden, ob er weißes Roheisen oder harter Stahl zu nennen sey. — Der so genannte Rohstahl und der Cementstahl enthalten zwar ungleich weniger Kohle, indeß scheint der Kohlegehalt doch bei den weichsten Stahlarten nicht unter 0,6 Procent

In 100 Theilen grauem Roheisen	befinden sich		
	gebundene Kohle	ungebundene Kohle	Summe des Kohlegehaltes.
Von der Sayner Hütte bei Coblenz, bei Holzkohlen aus Brauneisenstein erblasen . .	0,89	3,71	4,6
Von der Widdersteiner Hütte im Bergrevier Siegen, bei Holzkohlen aus Brauneisenstein mit einem Zusatz von Spatheisenstein erblasen . .	1,03	3,62	4,65
Von der Malapaner Hütte in Oberschlesien, aus thonigem Spatheisenstein bei Holzkohlen erblasen.	0,75	3,15	3,9
Von der Königshütte in Oberschlesien, aus ockrigem Brauneisenstein bei Koaks erblasen	0,58	2,57	3,15
Ebenfalls daher, aber von einem weniger hitzigen Gange des Ofens	0,95	2,70	3,65

Diese Untersuchungen zeigen, daß das völlig graue Roheisen nur wenig gebundene Kohle enthält, weshalb es auch durch das plötzliche Ablöschen nach dem Glühen nicht den Grad der Härte erlangt, welchen der Stahl bei dieser Behandlung erhält. Sie zeigen ferner, daß der Kohlegehalt des grauen Roheisens geringer ist, als der des vollkommensten weißen Roheisens mit den Spiegelflächen, und daß der Kohlegehalt in demselben Verhältniß abzunehmen scheint, in welchem die Hitze größer war, bei der es im Hohenofen dargestellt ward.

Der Kohlegehalt ward durch Zersetzung des Hornsilbers ausgemittelt (§. 292.). Bei allen diesen Roheisenarten traten Erscheinungen ein, welche vermuthen ließen, daß wenigstens ein Theil der gebundenen Kohle im Zustande des Polycarburets vorhanden war.

Je geringer der Kohlegehalt des grauen Roheisens ist, desto schwieriger wird es, dasselbe durch Schmelzen und plötzliches Erstarren in weißes Roheisen umzuändern. — Dagegen nimmt die Geschmeidigkeit des grauen Roheisens in der gewöhnlichen Temperatur, fast in demselben Verhältniß zu, in welchem sich die Menge der Kohle vermindert. Sehr merkwürdig ist es, daß das graue Roheisen in der gewöhnlichen Temperatur einen höheren Grad von Geschmeidigkeit zeigt, als wenn es im glühenden Zustande unter dem Hammer bearbeitet wird.

§. 314.

Wenn man das weiße Roheisen nach dem Schmelzen höchst langsam erstarren läßt, so ändert es sich nur alsdann in graues Roheisen um, wenn die Schmelzhitze sehr viel größer war, als das weiße Roheisen zum Flüssigwerden erfordert. Durch diese Verschiedenheit der Temperatur läßt es sich, bei großer Sorgfalt, die auf das höchst langsame Erstarren des geschmolzenen Eisens verwendet wird, bewirken, das erstarrte Produkt entweder als weißes Roheisen, oder als halbirtes Roheisen, oder als graues Roheisen zu erhalten. — Das sogenannte luckige Floß und der Stahl, welcher viel Kohle enthält, können, eben so wie das weiße Roheisen, in graues Roheisen umgeändert werden, wenn sie in einer äußerst heftigen Hitze im Thontiegel einige Zeit lang flüssig erhalten und dann mit der größten Sorgfalt langsam zum Erstarren gebracht werden. War die Schmelzhitze nicht stark genug gewesen, so erhält man nur weiches graues Eisen, welches keine ungebundene Kohle (Graphit), sondern ein Polycarburet enthält. Dieses bildet sich aber auch schon durch das bloße Glühen und langsame Erkalten, obgleich

schon in der Glühhitze wieder zerstört werden, wobei sich ein allgemeine Verbindung des Eisens mit der Kohle einleitet, di bei dem plötzlichen Ablöschen unverändert bleibt und bei der langsamen Erstarren wieder in Polycarburet umgeändert wir: Eine Ausscheidung der Kohle im ganz ungebundenen Zustand oder als Graphit, läßt sich nur durch langsames Erstarren nach dem völligen Flüssigseyn der Masse, und auch selbst dann nur durch Anwendung der höchsten Grade der Temperatur bewirken Durch die Bildung des Polycarburet wird also das Streben der Kohle, sich vom Eisen zu trennen, angedeutet und erst in den höchsten Graden der Hitze kann die vollständige Ausscheidung der reinen, mit Eisen nicht mehr verbundenen Kohle, bei dem langsamen Erstarren zu Stande kommen. Es ist nicht wahrscheinlich, daß in dem flüssigen grauen Roheisen Kohlenmetall im isolirten Zustande (als Graphit) vorhanden wäre, weil sonst das graue Roheisen durch plötzliches Erstarren niemals weiß werden könnte. Aber es läßt sich, bei der großen Temperaturdifferenz, welche zwischen der Schmelzhitze des Eisens und des Kohlenmetalles (welches bis jetzt nur in sehr geringen Massen vor den Dräthen der voltaischen Säule zum Schmelzen gebracht werden konnte), statt findet, keinesweges widerlegen, daß das in schneller und starker Hitze umgeschmolzene graue Roheisen nicht wirklich noch unaufgelöst gebliebenen Graphit enthalte, welcher sich erst durch länger fortgesetztes Schmelzen mit dem Eisen zu einer homogenen Verbindung vereinigt. Ein solcher Erfolg ist sogar wahrscheinlich, weil das in schneller und starker Hitze umgeschmolzene graue Roheisen viel weniger geneigt ist, durch plötzliches Erstarren weiß zu werden, als dasjenige, welches in einer langsamen und weniger starken Hitze in Fluß gebracht worden ist. Graues Roheisen, welches wenig Kohle, folglich auch wenig Graphit enthält, erfordert schon an sich einen hohen Grad der Temperatur, so daß es sich durch schnelle Hitze nicht leicht zum Schmelzen bringen läßt, sondern die An

wendung einer anhaltenden hohen Temperatur nöthig macht, welche zugleich die Bedingung zur Graphitbildung bei dem Erstarren ist, weshalb sich ein solches Roheisen auch nicht leicht in weißes umändern läßt.

§. 316.

Unter allen Roheisenarten wird nur das weiße, krystallinische Roheisen mit Spiegelflächen, als eine gleichartige chemische Verbindung von Eisen mit Kohle angesehen werden können, obgleich es häufig auch noch andere Roheisenarten und selbst Graphitschüppchen beigemengt enthält. Weder das graue, noch das nicht krystallinische weiße Roheisen sind gleichartig zusammengesetzte Verbindungen. In einer dicken Roheisenmasse wird man den inneren Kern anders als die äußere Schaale zusammengesetzt finden. Diese Verschiedenartigkeit in der Zusammensetzung beschränkt sich nicht auf den Verbindungszustand, sondern sie erstreckt sich auch — und dies ist besonders merkwürdig, — auf die Quantität der mit dem Eisen verbundenen Kohle. Wenn graues Roheisen, weit über seinem Schmelzpunkt erhitzt, in einer Form ausgegossen wird, welche aus einer, die Wärme nur wenig leitenden Masse besteht, so giebt sich für das Auge keine große Verschiedenartigkeit auf der Bruchfläche des erkalteten Eisens zu erkennen; ich habe mich indeß durch viele Untersuchungen davon überzeugt, daß das Roheisen in der Mitte des Gußstücks immer weniger Kohle enthält, als zunächst an den äußeren Flächen. Das Roheisen aus der Mitte enthält dabei immer mehr Graphit, als das Roheisen von den Außenflächen, und beide Roheisenarten unterscheiden sich wesentlich dadurch, daß die Polycarburete eine verschiedenartige Zusammensetzung haben. Das Roheisen von den Rändern enthält außer dem Graphit Polycarburete, welche dem weißen Roheisen und dem harten Stahl eigenthümlich sind, wogegen die Polycarburete des Roheisens aus dem inneren Kern weit reicher an Kohle sind und mit denjenigen übereinstimmen, welche in dem geglüheten weißen Roh-

eisen und in dem weich gemachten Stahl angetroffen werden. Daß das Roheisen im flüssigen Zustande eine gleichartige chemische Verbindung war, wird man schwerlich läugnen können. Die Verschiedenartigkeit des Eisens, selbst nach dem aufs äußerste verzögerten Erstarren, deutet also auf eine Bewegung der Kohle im Roheisen hin, welche von innen nach außen, also auf ein Streben zur Absonderung der Kohle vom Eisen gerichtet ist. Die Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Polycarburete aus der inneren und aus der äußeren Masse des Eisens, wird erklärbar durch die länger fortgesetzte Einwirkung der erhöheten Temperatur auf den inneren Eisenkern, aber auch diese Verschiedenheit zeigt das Streben der Kohle, sich vom Eisen zu trennen, welches nur in einer hohen Temperatur und in einem noch flüssigen Zustande der Masse vollständig erreicht werden kann. — Dies Verhalten des Roheisens bei dem Erstarren, giebt einen Aufschluß über den abweichenden Kohlegehalt, den man durch die Analyse eines und desselben Stückes Roheisen, bei Befolgung desselben Verfahrens, unter Beobachtung derselben Vorsichtsmaaßregeln und unter möglichst gleichen Umständen, auffindet, obgleich die Unvollkommenheit der Methoden daran auch ihren Antheil haben mag. Zugleich ergiebt sich aber auch aus diesem Verhalten des Roheisens als eine nothwendige Folgerung, daß sich selbst bei der größten Vorsicht kein Gußstück aus Roheisen darstellen läßt, welches in allen Theilen eine gleichartige Zusammensetzung hätte und daß die Festigkeit einer Roheisenart, aus Probestäben nur sehr unvollständig beurtheilt werden kann.

Die Verschiedenartigkeit in der Zusammensetzung der äußeren und der inneren Theile eines Gußstückes wird auffallender hervortreten, wenn die schnelle Erstarrung der äußeren Theile durch künstliche Mittel beschleunigt wird. Um harte Walzen aus Roheisen darzustellen, pflegt man den Guß in gegossenen eisernen Kapseln vorzunehmen. Die zunächst der Oberfläche

befindlichen Theile der Walze werden durch das beschleunigte Erstarren in weißes Roheisen umgeändert, während die der Axe der Walze näher liegenden Theile weit langsamer erkalten und sich als graues Roheisen darstellen. Jenes weiße und dieses graue Roheisen müßten nun gleiche Quantitäten Kohle, wenn auch in einem ganz verschiedenen Verbindungszustande mit dem Eisen, enthalten. Man wird aber finden, daß die äußere weiße Schaale immer einen größeren Kohlegehalt zeigt, als der innere graue Kern. Die Kohle muß daher eine Wanderung von innen nach außen anstellen, etwa in ähnlicher Art, wie sie durch einen Zusatz von Schwefel zum Roheisen abgesondert, und zu dem noch nicht mit Schwefel verbundenen Antheil des Roheisens geführt wird (§. 193.). Bei diesem beschleunigten Erstarren scheint sich indeß mehr die Verschiedenartigkeit des Verbindungszustandes der Kohle (und zwar auf eine sehr in die Augen fallende Weise) als die Verschiedenartigkeit im Gehalt der inneren und der äußeren Roheisentheile an Kohle selbst, zu offenbaren, wenigstens habe ich gefunden, daß bei einem äußerst verzögerten Erstarren, wobei die ganze Masse graues Roheisen bleibt, immer eine größere Differenz im Kohlegehalt der äußeren und der inneren Schichten statt findet, als bei einem beschleunigten Erstarren. Bei dem langsamen Erstarren können die äußersten Schichten oft 1,75 Procent Kohle mehr enthalten, als die Schichten in der Mitte der Roheisenmasse. — Graues Roheisen, welches vor dem Umschmelzen ein specifisches Gewicht von 7,1839 und einen Kohlegehalt von 4,0281 besaß, worunter 3,2469 im Zustande des Graphit, und 0,7812 als gebundene Kohle, ward nach erfolgtem Umschmelzen im Flammenofen in eine dicke gegossene eiserne Form geleitet. Nach dem Erkalten wurden von dem stahlharten, etwa 1 Zoll starken, weißen äußeren Ringe, so wie von dem weichen, grauen Roheisen aus der Mitte des Gußstücks, Proben genommen. Das äußere weiße Roheisen hatte ein specifisches Gewicht

von 7,5467 und es ermittelte sich der Kohlegehalt, welcher durchaus nur in gebundener Kohle bestand, zu 5,0929 Procent. Das graue, weiche Roheisen aus dem Inneren hat ein specifisches Gewicht von 7,1753 und einen Kohlegehalt von 3,8047 Procent, wovon 3,1941 aus ungebundener und 0,6106 aus gebundener Kohle bestanden.

Da also der Akt des Erstarrens bei dem Roheisen nicht bloß mit einer wesentlichen Verschiedenartigkeit des Verbindungszustandes der Kohle mit dem Eisen, sondern auch mit so bedeutenden Abweichungen im Gehalt an Kohle in den verschiedenen Theilen der Eisenmasse verbunden ist, so muß das Roheisen nothwendig als ein sehr unzuverlässiges Material betrachtet werden, wenn es dazu dienen soll, Lasten zu tragen, oder einer großen Gewalt Widerstand zu leisten.

§. 317.

Weil das kohlehaltige Eisen (sey es Roheisen, oder Stahl) schon als eine Legirung von zwei Metallen betrachtet werden muß, welche nur in den höheren Graden der Temperatur eine chemische Verbindung mit einander eingehen und diese, wenn gleich in unbestimmten Mischungs-Verhältnissen nur bei dem plötzlichen Erstarren behalten; so folgt daraus, daß der Erfolg sehr verschieden seyn muß, ob einer solchen Verbindung ein drittes Metall zur Legirung dargeboten wird, oder ob dies Legirungsmetall mit dem reinen, keine Kohle enthaltenden Eisen, verbunden wird. So lange sich das kohlehaltige Eisen im flüssigen Zustande befindet, sind Kohle und Eisen wirklich in dem Zustande einer gegenseitigen Bindung, und ein hinzukommendes drittes Metall wird sich in vielen Fällen mit jener schon bestehenden Legirung des Eisens mit Kohle, nicht vereinigen, wenn es sich auch mit dem reinen Eisen chemisch verbinden würde. Die Legirungen des Stahls mit Metallen müssen sich folglich anders verhalten, als die des Stabeisens mit denselben Legirungsmetallen. Die ersteren werden größtentheils bloß Gemenge seyn,

wenn die letzteren als wirkliche chemische Verbindungen, wenigstens in vielen Fällen, betrachtet werden können. — Eben so muß, aus denselben Gründen, der Erfolg verschieden seyn, wenn das Legirungsmetall dem schon fertigen Stahl zugesetzt wird, als wenn dieser Zusatz dem Eisen in dem Augenblick dargeboten wird, wo es sich aus seinen Oxyden, selbst bei dem Uebermaaß vorhandener Kohle, reducirt. Verbindungen, die im ersten Fall nur Gemenge bleiben, indem das Eisen von dem zugesetzten dritten Legirungsmetall nichts aufnimmt, können im letzten Fall wirkliche chemische Verbindungen werden. Diese Betrachtung giebt einen großen Aufschluß über das Verhalten von vielen so genannten Stahllegirungen, und über das verschiedene Verhalten der Metalle oder metallischen Basen, deren Oxyde sich mit dem Eisenoxyd gleichzeitig reduciren und die als Metalle unmittelbar mit dem kohlehaltigen Eisen verbunden werden.

§. 318.

Indem sich das Eisen, bei den Schmelzprozessen im Großen, aus seinen Erzen reducirt, wird es sich folglich auch leichter mit den metallischen Grundlagen verbinden können, welche in den Eisenerzen und überhaupt in der Gattirung, gemengt und gemischt vorkommen, als wenn die Legirung mit dem kohlehaltigen Eisen unmittelbar vorgenommen werden soll. Bei der gleichzeitigen Reduction wird der Antheil Eisen, welcher eine sich mit reducirende Basis aufnimmt, mit der Kohle sich nicht verbinden und daher können auf solche Weise Legirungen entstehen, die sich durch unmittelbares Zusammenschmelzen nicht darstellen lassen. Nur wenig metallische Basen scheinen eine Verbindungsfähigkeit mit der Kohle zu besitzen und ähnliche Carburete zu bilden, wie das Eisen im Zustande des Stahls und des Roheisens. Es ist daher auch nicht wahrscheinlich, daß diese Basen mit dem kohlehaltigen Eisen eine chemische Verbindung eingehen, sondern man wird das Roheisen in den mehrsten Fällen als ein sehr inniges Gemenge von Kohleisen mit einer Legirung aus Eisen und der

sich gleichzeitig reducirenden Basis ansehen müssen. Bei den sogenannten Legirungsstahl wird aber mehrentheils nur ein Gemenge von Kohleisen mit dem zugesetzten Legirungsmetall erhalten, und das letztere bleibt von einer wirklichen chemischen Verbindung mit Eisen ausgeschlossen, wenn es nicht schon in einem mit Eisen legirten Zustande mit dem Stahl zusammen geschmolzen wird. — Wenn aber die Kohle auf irgend eine Weise von dem Roheisen abgeschieden, und wenn die gleichzeitig mit reducirte, und mit einem verhältnißmäßigen Antheil Eisen verbundene metallische Basis durch jenen Entkohlungs-Prozeß nicht ebenfalls mit entfernt wird, so treten andere Verhältnisse ein, indem die Kohle der metallischen Basis kein Hinderniß zur Verbindung mit dem Eisen mehr entgegensetzt. Jene metallische Basis kann sich daher auf die Festigkeit des Eisens in einem ungleich höheren Grade nachtheilig äußern, als in der Legirung mit Stahl, mit welchem sie nur gemengt ist.

§. 319.

Es giebt sehr wenig metallische Grundlagen, welche, wenn sie auch nur im Minimo mit dem Eisen verbunden wären, nicht nachtheilig auf die Festigkeit des Eisens wirkten. Vom Blei und vom Zink ist die Verbindungsfähigkeit mit dem Eisen, wenigstens bei den Eisenbereitungs-Prozessen im Großen, noch problematisch. Nur das Mangan scheint in ziemlich großen Verhältnissen mit dem Eisen verbunden seyn zu können, ohne seiner Festigkeit zu schaden. Vielleicht ist dies auch bei dem Titan der Fall, wenigstens scheint das Roheisen davon mit einigen Procenten gemengt seyn zu können, ohne dadurch bedeutend mürber zu werden. Die Körper, welche gewöhnlich in dem Roheisen angetroffen werden, sind Phosphor, Schwefel und Silicium. Alle drei vermindern die Festigkeit des Eisens in einem hohen Grade. Antimon, Zinn, Silber, Wismuth, Arsenik und Kupfer sind glücklicherweise sehr seltene Begleiter der Eisenerze. Vom Aluminium ist es noch nicht entschieden, ob es

in bestimmbarer Menge mit in das Roheisen übergeht. Calcium und Magnium werden zwar im Roheisen angetroffen, besonders das letztere; allein in dem aus diesem Roheisen bereiteten Stabeisen wird keine Spur mehr davon gefunden, woraus zu schließen ist, daß sie sich bei dem Entkohlungs-Prozeß leicht abscheiden. Chromium kommt häufig im Roheisen vor, vielleicht auch nur als Gemenge, aber in dem aus solchem Roheisen bereiteten Stabeisen habe ich es nicht gefunden.

Alle diese Beimischungen, — welche in einzelnen Fällen (bei sehr langsamer Erstarrung) vielleicht als Phosphoreisen, als Schwefeleisen, als Silicium Eisen, als Legirung von Antimon mit Eisen u. s. f. mit dem Kohleeisen im Roheisen gemengt, ungleich häufiger aber ohne Zweifel mit der ganzen Masse des Eisens chemisch verbunden sind, — verändern den Charakter des Roheisens nicht, indem die Bildung des grauen oder des weißen Roheisens davon ganz unabhängig ist. Daß Mangan, Schwefel, Phosphor und vielleicht noch eine oder die andere Basis, wenn sie in den Eisenerzen in bedeutender Menge vorkommen, die Entstehung des weißen Roheisens begünstigen, ist nicht eine Folge der Verbindung dieser Basen mit dem Eisen, sondern der Erfolg der größeren Leichtflüssigkeit dieser Erze, weshalb auch die wirklichen Eisensilicate (Frischschlacken) so sehr geneigt sind, ein weißes Roheisen zu geben, wenn sie in Schachtöfen verschmolzen werden. — Bewirkte das Legirungsmetall selbst, die Bildung des weißen Roheisens, so würde dieses mehr Mangan, mehr Phosphor, mehr Silicium u. s. f. enthalten müssen, als das aus denselben Erzen dargestellte graue Roheisen. Dies ist aber so wenig der Fall, daß das graue Roheisen mehr Mangan und mehr Silicium enthält als das weiße. In beiden Roheisenarten wird dagegen, wenn sie aus einerlei Erzen geschmolzen sind, dieselbe Menge Phosphor gefunden werden.

§. 320.

Wenn also der wesentliche Unterschied zwischen den drei

verschiedenen Arten des Eisens, dem Roheisen, dem Stahl und dem Stabeisen, nur in dem verschiedenen Gehalt an Kohle begründet ist, so reicht doch die Kenntniß des Kohlegehaltes allein noch nicht hin, die Eigenschaften und das Verhalten einer und derselben Eisensorte zu beurtheilen. Ueber den Verbindungszustand der Kohle mit dem Eisen, worauf es hier so wesentlich ankommt, giebt keine Analyse einen Aufschluß. Nur bei den grauen Roheisen hat man endlich angefangen, den Gehalt an gebundener und ungebundener Kohle zu unterscheiden. Durch die Verschiedenartigkeit des Verbindungszustandes der gebundenen Kohle, im Roheisen, im Stahl und im Stabeisen, wird aber im Allgemeinen das specifische Gewicht, die größere oder geringere Härte, die Farbe, die Festigkeit und Elasticität, das Verhalten in höheren Temperaturen, das chemische Verhalten zu den Säuren und die größere oder geringere Verbindungsfähigkeit eines und desselben Eisens mit anderen Körpern bestimmt. Daher würde es von großer Wichtigkeit seyn, über die verschiedenartigen Verbindungszustände Aufschluß zu erhalten, wozu unsere bisher bekannten Analysirmethoden keine Anleitung geben können In ähnlicher Art wie die Kohle mögen sich vielleicht, ja sogar sehr wahrscheinlich, auch andere Körper verhalten, welche man mit dem Eisen, besonders mit dem Roheisen, in zufälliger Verbindung findet, indem auch bei diesen ein verschiedenartiger Verbindungszustand mit dem Eisen vorausgesetzt werden kann.

§. 321.

Durch den Frischprozeß, nämlich durch einen Oxydationsprozeß, der die Umänderung des Roheisens in Stahl oder in Stabeisen bezweckt, wird nicht allein die Quantität der Kohle, sondern auch die Quantität der anderen fremdartigen Beimischungen im Eisen, welche das Roheisen bei der Reduction aus den Erzen aufgenommen hatte, mehr oder weniger vollständig abgeschieden. Der Gehalt an Kohle wird durch den Frischprozeß bis zu dem Grad vermindert, daß die im Stahl und Stabeisen

zurückbleibende Kohle die Festigkeit derselben nicht mehr zu beeinträchtigen, sondern daß durch deren größeren oder geringeren Rückhalt nur die größere oder geringere Härte des Stahls und des Stabeisens bestimmt zu werden scheint. Aber das Verhältniß, in welchem die übrigen mit dem Roheisen verbundenen Körper, nach vollendetem Frischprozeß, im Stahl oder im Stabeisen zurück bleiben, äußert einen mehr oder weniger bedeutenden Einfluß auf ihre Cohäsion und deshalb ist man besonders bemüht gewesen, die Art der Körper und ihre Quantität kennen zu lernen, welche auf die Beschaffenheit des Stahls und des Stabeisens nachtheilig einwirken. Indeß haben auch diese Bemühungen bisher nur einen sehr unvollständigen Erfolg gehabt, indem man keine Spur von fremdartigen Beimischungen in manchem Stabeisen hat auffinden können, welches eine geringe Festigkeit besaß und seinem ganzen Verhalten nach zu den schlechteren Stabeisenarten gerechnet werden mußte. Dagegen ließen sich zuweilen in anderen Stabeisenarten, deren Festigkeit durch fremde Beimischungen in einem geringeren Grade vermindert war, größere Quantitäten von Silicium und Phosphor auffinden, von denen es bekannt ist, daß sie auf die Festigkeit des Eisens einen nachtheiligen Einfluß ausüben. Dies, nicht etwa auf einige wenige Fälle beschränkte, sondern häufig beobachtete Verhalten, macht es wahrscheinlich, daß die Festigkeit des Stabeisens und des Stahls nicht durch chemische Beimischungen verschiedener Körper allein, sondern auch durch mechanische Beimengungen von Schlackentheilen nicht selten beeinträchtigt wird. Alle Frischoperationen, bei deren Ausübung große gefrischte Eisenmassen gewonnen werden, liefern daher ungleich häufiger ein fehlerhaftes und weniger festes Eisen, als diejenigen Methoden, bei welchen das gefrischte Eisen nur in kleinen Quantitäten dargestellt wird. Ein solcher Erfolg tritt wenigstens dann ein, wenn das gefrischte Eisen nicht den höchsten Grad der Schweißhitze erhalten hat, wodurch das mechanische Auspressen der Schlackentheile unter den

A. Roheisenarten bei Holzkohlen erblasen.

Woher das Roheisen.	Kohle			Schwefel.	Phosphor.	Silicium.	Mangan.	Kupfer.
	ungebundene	gebundene	Summe					
* 1. Von Hammhütte	2,375	2,08	4,455	0,001	0,08	1,3125	7,421	++
* 2. Eben daher	++	5,14	5,14	0,002	0,08	0,5565	4,496	++
* 3. Eben daher	++	2,91	2,91	0,01	0,08	0,001	1,79	++
* 4. Von Torgelow . .	2,6	+	+	+	3,107	0,4	2,765	+
* 5. Von Peitz	1,93	+	+	+	5,54	0,17	1,86	+
* 6. Von Müsen . . .	++	5,4114	5,4114	S	S	0,3667	4,2448	0,1795
* 7. Aus Steyermark .	++	4,9221	4,9221	0,0178	+	+	+	S
* 8. Von Lohhütte . .	++	5,8	5,8	S	+	0,524	4,6628	0,1463
* 9. Von Saynerhütte	++	5,1117	5,1117	0,001	+	+	+	+
* 10. Von Malapane . .	2,919	0,6823	3,6013	0,0132	2,1797	0,6823	+	+
* 11. Eben daher	++	4,1209	4,1209	0,0257	+	+	+	+
* 12. Von Vietz	2,7277	0,9544	3,6821	0,0081	+	1,2072	+	+
* 13. Von Vietz	2,7449	0,7616	3,5065	0,0072	+	1,4754	+	+
* 14. Von Creutzburger Hütte	3,3354	0,7211	4,0565	0,021	+	1,6345	+	+
* 15. Eben daher	3,4515	0,248	3,6995	0,0565	+	2,454	+	+
16. Von Sava	0,5	2,0	2,5	+	+	0,7	4,5	+

1—3. Diese 3 Roheisenarten sind auf der Hammhütte im Sayn=Altenkirchenschen bei einer aus 14 Theilen Spatheisenstein und 9 Theilen Brauneisenstein bestehenden Beschickung erblasen. Nr. 1. ist graues Roheisen, Nr. 2. Spiegeleisen und Nr. 3. weißes, bei einem möglichst scharfen oder übersetzten Gange des Ofens erblasen (Archiv für Bergbau und Hüttenwesen XIII. 222.). Alle drei Roheisenarten enthalten schwache Spuren von Magnesium.

4. Graues Roheisen von Torgelow in Pommern, aus Wiesenerzen erblasen. Spec. Gew. = 6,9988 (Archiv f. Bergb. und Hüttenwesen. XV. 3.).

5. Graues Roheisen von Peitz in der Lausitz, aus Wiesenerzen erblasen. Spec. Gew. = 6,9814.

6. Weißes Roheisen von Lohhütte bei Müsen, aus Spatheisenstein. Nicht völlig Spiegeleisen, sondern schon von scharfem Gange des Ofens.

7. Blumige Flossen (§. 18.) aus Steyermark.

8. Spiegeleisen, aus Spatheisenstein, von der Lohhütte. Spec. Gew. = 7,6582.

9. Spiegeleisen, den blumigen Flossen sich nähernd. Aus Spatheisenstein auf der Saynerhütte bei Coblenz erblasen.

10. Graues Roheisen von Malapane in Oberschlesien, aus Brauneisenstein bei heißem Winde erblasen. Enthält Spuren von Aluminium und kaum deutliche Anzeigen eines Gehaltes von Calcium und Magnesium. Spec. Gew. = 7,0306.

11. Weißes Roheisen von Malapane, bei sehr übersetztem Gange des Ofens und bei heißem Winde. Spec. Gew. = 7,5854.

12. Graues Roheisen von Vietz in der Neumark Brandenburg; aus Wiesenerzen bei kaltem Winde und sehr gaarem Gange des Ofens erblasen. Spec. Gew. 7,1288.

13. Graues Roheisen bei derselben Beschickung wie 12, aber bei heißem Winde und sehr gaarem Gange des Ofens. Spec. Gew. = 7,0568.

14. Graues Roheisen, aus Sphärosideriten der Juraformation; giebt das Material zur Rohstahlbereitung.

15. Graues Roheisen aus Eisensilicaten und Spärosideriten.

16. Von Sava in Kärnthen, aus Spatheisenstein. Blumige Flossen. Analyse von Hrn. Berthier (Ann. des mines. 3me Serie. XIV. 127.). Der Kohlegehalt von 2,5 sehr geringe, in so ferne das Roheisen noch 0,5 Graphit enthielt.

B. Roheisenarten bei Koaks erblasen.

Woher das Roheisen.	Kohle			Schwefel.	Phosphor.	Silicium.	Mangan.
	ungebundene	gebundene	Summe				
1. Von Calder . . .	1,4	1,2	2,6	0,35	0,39	1,53	0,5
2. Eben daher	0,5	1,9	2,4	1,4	1,2	1,2	0,38
3. Von Clyde	1,8	0,4	2,2	1,4	1,3	2,8	+
4. Eben daher	2,5	0,7	3,2	+	+	2,2	2,8
5. Eben daher	1,52	0,3	1,82	0,6	0,95	1,79	2,6
6. Eben daher	1,6	0,5	2,1	+	+	1,1	1,5
7. Von Firmy . . .	0,18	1,0	1,18	3,75	0,38	1,3	?
8. Eben daher	++	1,4	1,4	0,3	2,3	4,1	?
9. Von Yniscedwyn	?	?	2,3	0,3	0,48	1,3	?
* 10. Von Königshütte	3,043	0,572	3,615	0,0027	+	0,572	+
* 11. Eben daher	3,3145	0,4885	3,803	0,0331	+	+	+
* 12. Eben daher	+	+	3,6026	0,01818	+	+	+

Die sämmtlichen Analysen von Nr. 1—8. sind von Hrn. **Berthier** (Annales des mines. 3me Série XIV. 117 u. f.

1. Graues Roheisen, das beste, welches für die Gießerei erzeugt wird. (Sehr geringer Kohlegehalt).

2. Weißes, krystallinisches, sehr leicht zersprengbares Roheisen (wahrscheinlich blumige Flossen; sehr geringer Kohlegehalt).

3. Das beste graue Roheisen zur Gußwaarenfabrikation. 4. Ebenfalls noch gutes, graues Roheisen. 5. Roheisen von weißgrauer Farbe. 6. Sehr lichtgrau und wird, wie 5, nur zum Verfrischen, aber nicht zum Umschmelzen für die Gußverarbeitung angewendet. (Der Kohlegehalt ist sehr geringe, besonders bei Nr. 5.). Alle vier Arten sind aus Sphärosideriten der Steinkohlenformation erblasen.

7. Weißgraues, höchst sprödes, blasiges Roheisen, vom schlechten Gange des Ofens zu Firmy im Depart. Aveyron. Wie das folgende aus Sphärosideriten der Steinkohlenformation dargestellt.

8. Weißes, äußerst sprödes Roheisen, welches sich, wenn es an der Luft angefeuchtet wird, äußerst schnell oxydirt. (Der Gehalt an Kohle ist überaus geringe!)

9. Graues Roheisen, bei so genanntem Anthracit erblasen. Analyse von Hrn. **Daubrée** (Ann. des mines. XIV. 25.).

10. Graues Roheisen von Königshütte in Oberschlesien; aus Brauneisenstein bei kalter Luft. Spec. Gew. = 7,0697.

11. Wie 10, aber bei heißem Winde erblasen. Spec. Gew. = 7,0897.

12. Wie 10, bei heißem Winde und mit Zusatz von Wasserdämpfen. Spec. Gew. = 7,1242.

Eine große Zahl von Roheisen-Analysen, welche hier und dort noch bekannt gemacht worden ist, hat einen so geringen Werth, daß sie unberücksichtigt bleiben kann. Dies gilt auch

38 *

von denjenigen Analysen, welche Hr. Lassaigne in seinem Traité de chimie mitgetheilt hat. Diese Analysen sind, wie es scheint, durch Hrn. Wilson angestellt worden (Erdmann's Journ. f. technische und ökonomische Chemie. VII. 282.). Zur Bestimmung des Kohlegehaltes ist das Verfahren des Hrn. Gay-Lussac angewendet, nämlich das Glühen des zerkleinerten Roheisens mit Quecksilberoxyd (§. 166.). Der Verbindungszustand der Kohle ist dabei ganz unberücksichtigt geblieben.

Die Analysen des Stahls und des Stabeisens haben Interesse hinsichtlich des Gehaltes an Kohle, indem sie über *den Verbindungszustand* derselben mit dem Eisen keinen Aufschluß geben, wenn auch im Allgemeinen bekannt ist, daß *weder* der Stahl noch das Stabeisen ungebundene Kohle enthalte. Eine durch den Kohlegehalt bestimmte Gränze zwischen Stahl und Stabeisen giebt es eben so wenig, als eine durch diesen *Gehalt* bestimmte Gränze zwischen Stahl und Roheisen. Es ist jetzt vielmehr nicht weiter daran zu zweifeln, daß das *graue Roheisen* weniger, sehr oft ungleich weniger gebundene Kohle enthält als der Stahl, zuweilen sogar weniger als *manche* Arten des harten Stabeisens. Der Mangel an Streckbarkeit und Geschmeidigkeit des grauen Roheisens ist daher nur dem Gehalt an ungebundener Kohle zuzuschreiben.

Außer der Kohle enthalten der Stahl und das Stabeisen noch sehr geringe Quantitäten von anderen Beimischungen, welche durch den Frischprozeß des Roheisens nicht vollständig abgesondert wurden. Wie wesentlich solche, oft *quantitativ* kaum bestimmbare Beimischungen, auf die Festigkeit des Stahls und Stabeisens einwirken, ist (§§. 152 — 283.) schon ausführlich untersucht. Alle diese Beimischungen, wie sehr durch sie auch die Festigkeit und Härte des Stabeisens und des Stahls modificirt werden mögen, bestimmen doch niemals den charakteristischen Unterschied zwischen Stahl und Stabeisen, wie es durch

die Kohle geschieht. Eine genaue Kenntniß von diesen Beimischungen ist aber dennoch von hohem Werth, wenn sie auch vorzugsweise mehr ein lokales Interesse hat und Aufschluß über die Ursachen der mangelhaften Beschaffenheit der Eisenarten giebt, welche aus gewissen und bestimmten Eisenerzen dargestellt werden. So wichtig es aber auch ist, diese Kenntniß zu erlangen, so kennt man doch nur wenig Analysen, welche über die Ursache der mangelhaften Beschaffenheit mancher Stahl- und Stabeisenarten einen befriedigenden Aufschluß geben (§. 321.). Auch bei den folgenden Angaben ist vorzugsweise nur auf den Kohlegehalt Rücksicht genommen, welcher bekanntlich immer nur in gebundener Kohle, wenn auch in verschiedenartigen, aber ganz unbekannten Verbindungszuständen mit dem Eisen besteht.

D. Untersuchung verschiedener Stabeisenarten.

Woher das Stabeisen.	Kohle.	Silicium.	Schwefel.	Phosphor.	Mangan.
1. Bestes Dannemora-Eisen	0,26	0,03	+	+	0,05
2. Stabeisen von Low Moor	0	0,09	+	+	1,868
3. Gewöhnliches Stabeisen aus Wales	0	0,085	+	0,417	S
4. Schwedisches Stabeisen	0,293	S	+	0,077	S
5. Desgleichen	0,24	0,025	+	S	S
6. Stabeisen von Creusot	0,159	S	+	0,412	S
7. Aus der Champagne	0,193	0,412	+	0,21	S
8. Durch Zusammenschweißen von alten Eisenabfällen	0,245	0,21	+	0,16	
9. Aus Berri	0,162	S	+	0,177	S
10. Kaltbrüchiges Eisen aus dem Mosel-Departement	0,144	0,07	+	0,51	S
* 11. Gewöhnliches Siegener Eisen	0,073	+	0,006	+	+
* 12. Von Rybnick in Oberschlesien	0,092	0,0258	0,00675	+	+
* 13. Desgleichen	0,0876	0,0769	0,00715	+	+
* 14. Von Creutzburger Hütte in Oberschlesien	0,0265	S	0,00244	+	+
* 15. Desgleichen, beste Sorte	0,0223	0,0178	0,0006	+	+
* 16. Von Malapane in Oberschlesien	0,0169	0,1298	S	+	+
* 17. Desgleichen				+	+
* 18. Schwedisches Stabeisen	0,01 bis 0,1569 0,3874	S +	S +	+ +	+ +

Die Analyse 1—3 von Hrn. Thompson (Mechanic's Magaz. Sept. 1838. p. 469).

1. Spec. Gew. = 7,9125. In Schweden im Frischheerd dargestellt.

2. Spec. Gew. = 7,3519. Durch den Puddlingsfrischprozeß dargestellt und soll dadurch wie Nr. 3, den ganzen Kohlegehalt verloren haben.

3. Spec. Gew. = 7,4359.

4—10. Diese Analysen sind von den Herren Gay-Lussac und Wilson.

11. Aus Spath- und Braun-Eisenstein.

12 und 13. Enthalten noch kaum warnehmbare Spuren von Aluminium und Calcium. Aus Brauneisenstein.

14 und 15. Aus Sphärosideriten der Juraformation.

16 und 17. Aus Brauneisenstein.

18. Sehr hartes und festes Eisen; die beste Sorte, wie sie im Handel vorkommt.

Das Stabeisen, welches aus Roheisen dargestellt wird, zu dessen Bereitung Eisenerze mit einem großen Gehalt an Phosphorsäure (besonders Raaseneisensteine) angewendet sind, kann sehr veränderliche Quantitäten Phosphor enthalten (§§. 188. 190.).

§. 323.

Abgesehen von den zufälligen Beimischungen des Roheisens, giebt das sehr abweichende Verhalten desselben in der Glüh- und Schmelzhitze, im weißen und im grauen Zustande, das Anhalten zur Beantwortung der Frage, ob das weiße dem grauen Roheisen, oder umgekehrt vorgezogen werden müsse. Soll das Roheisen in Formen geleitet und zur Anfertigung von Gußwaaren angewendet werden, so ist dasjenige Roheisen, welches bei dem Erstarren weiß wird, nur ausnahmsweise und in einigen wenigen Fällen zu gebrauchen. Hat das Roheisen die Bestimmung durch einen Entkohlungs-Prozeß in Stahl, oder in Stabeisen umgeändert zu werden, so würde das weiße Roheisen einen

weißes umzuändern sucht. Dies Weißmachen des grauen Roheisens kann auf verschiedene Weise bewerkstelligt werden. In einigen Fällen soll dadurch nur der Zweck erreicht werden, einen anderen Verbindungszustand der Kohle mit dem Eisen hervorzubringen. In anderen Fällen soll aber außerdem auch noch eine Abscheidung von leicht oxydablen Basen (vorzüglich Phosphor und Silicium) bewirkt werden, weshalb die Vorkehrungen in diesem Fall auch anders getroffen werden müssen. — Das bei Holzkohlen und bei einer leichtflüssigen Beschickung erzeugte graue Roheisen läßt sich ungleich leichter und mit geringern Mitteln in weißes Roheisen umändern als das bei Koaks und bei einer strengflüssigen Beschickung erblasene, weshalb eine und dieselbe Verfahrungsart nicht bei allen grauen Roheisenarten gleich anwendbar ist.

Aus dem früher vorgetragenen Verhalten des weißen Roheisens in der Glühhitze, bei nicht vollständig abgehaltenem Zutritt des Sauerstoffs geht hervor, daß dasselbe durch ein solches anhaltendes Glühen schon einen Theil seines Kohlegehaltes verliert, daß es dadurch ein körniges Gefüge und den ersten Grad der Geschmeidigkeit erlangt, welches bei dem grauen Roheisen, wegen seines Gehaltes an ungebundener Kohle, nicht, oder wenigstens nicht in einem bedeutenden Grade der Fall ist. Dies ist ein zweiter Vorzug, den das weiße Roheisen vor dem grauen besitzt, von welchem man in einigen Gegenden Gebrauch macht, indem man den Kohlegehalt des weißen Roheisens schon vor dem Einschmelzen und vor der weiteren Verarbeitung in den Frischheerden, durch anhaltendes Glühen — Braten — zu vermindern sucht. Wahrscheinlich würde die Umänderung des weißen Roheisens in graues, durch Glühen oder Braten, in allen Fällen sehr zweckmäßig seyn und den Entkohlungsprozeß befördern, wenn auch die Quantität der Kohle sich nicht dabei verminderte; denn das entstehende graue Roheisen enthält nun

die Kohle im Zustande des Polycarburets, welches durch die Einwirkung des Sauerstoffs schnell zerstört wird.

§. 326.

Weil sich das weiße Roheisen, der Stahl und das Stabeisen nur durch die quantitativen Verhältnisse des Kohlegehaltes unterscheiden, so kann die Operation: das Roheisen in Stahl oder in Stabeisen zu verwandeln, durchaus nur darin bestehen, die Quantität der Kohle im Roheisen zu vermindern. Durch das bloße Rösten oder Glühen würde dieser Zweck zu langsam und zu unvollkommen erreicht werden; man muß daher das Roheisen in einen mehr oder weniger vollkommenen flüssigen Zustand versetzen, und den Sauerstoff im gebundenen oder auch im ungebundenen Zustand darauf wirken lassen. Die Verfahrungsart dabei, und die Mittel, welche man anwendet, das bei einigen dieser Prozesse sich gleichzeitig oxydirende Eisen wieder zu reduciren, werden künftig unter dem Namen des Verfrischens des Roheisens bekannt gemacht werden. Die Verwandlung des Roheisens in Stahl oder in Stabeisen durch Einschmelzen, heißt also das Verfrischen, und der Zweck dieser Operation besteht darin, den Kohlegehalt des Roheisens zu vermindern, oder zu entfernen. Nur bei dem weißen Roheisen kann man aus den angeführten Gründen durch Braten oder Rösten vorarbeiten. Gewöhnlich ist das Resultat des gerösteten weißen Roheisens, sobald es verfrischt wird, Stabeisen, so wie das Resultat des weißen, ungerösteten Roheisens Stahl. Das graue Roheisen pflegt lieber Stabeisen als Stahl zu geben, indeß hängt dies von der Manipulation und Geschicklichkeit des Arbeiters ab. Aus einem und demselben Roheisen läßt sich Stahl und Stabeisen, aber freilich nicht in gleicher Güte und in gleicher Menge, so wie mit gleichem Vortheil darstellen; und dasjenige Roheisen ist überhaupt für das reinste und zu jedem Zweck für das brauchbarste zum Verfrischen zu halten, welches außer der Kohle die wenigsten fremdartigen Beimengungen enthält.

§. 327.

Außer von den Vorrichtungen, in denen die Eisenerze verschmolzen werden, und von der zweckmäßigen Leitung bei der Schmelz- und Frischarbeit, hängt die Beschaffenheit des Eisens von den Bestandtheilen und Eigenschaften der Eisenerze, und von dem Verhalten und von den Bestandtheilen der Brennmaterialien ab, welche als Reductionsmittel und zugleich als Materialien zur Hervorbringung der Hitze dienen. Es ist daher besonders nöthig, die Schmelz- und Brennmaterialien näher kennen zu lernen, und alsdann zu der näheren Betrachtung der technischen Vorrichtungen, in welchen die Prozesse vorgenommen werden, überzugehen. Vorher wird es indeß noch nöthig seyn, das Verfahren anzugeben, wie sich die fremdartigen Beimengungen des Eisens auffinden lassen, weil es in einzelnen Fällen von großem Interesse ist, diejenigen Beimengungen kennen zu lernen, welche die Festigkeit des Eisens vermindern.

Chemische Analyse der verschiedenen Eisenarten.

§. 228.

Nur in wenigen Fällen, z. B. bei der Bestimmung des Kohlegehaltes des Eisens durch Hornsilber, wird man das Eisen, welches zur Analyse bestimmt ist, in einem gröblich zerkleinerten Zustande anwenden dürfen. Größtentheils wird eine sehr feine mechanische Zertheilung erfordert. Diese Zerkleinerung geschieht bei Roheisenarten am besten in einem Mörser von Gußstahl, nachdem das Roheisen vorher in Stückchen zerschlagen worden ist, welche der, unten halbkugelförmigen und nach oben sich etwas erweiternden Oeffnung des Mörsers angemessen sind. Das Pistill wird aus gehärtetem, aber sehr festem Stahl angefertigt und hat unten ebenfalls eine halbkugelförmige Gestalt. Auch gehärteter Stahl kann in einem solchen Stahlmörser zerkleinert werden. Weicher Stahl und Stabeisen müssen gefeilt werden,

wozu man sich harter englischer Armfeilen bedient, die vor dem Gebrauch jedesmal sorgfältig mittelst einer steifen Bürste gereinigt werden müssen. Um ganz sicher zu gehen, ist es fast nothwendig, für jeden Versuch eine frische Feile zu nehmen, die ersten Feilspäne wegzuwerfen, die folgenden aber jedesmal vor dem Abwägen mit einer Loupe zu mustern, um die Fäserchen auszuhalten.

§. 329.

Alle Körper, deren Vorhandenseyn in den verschiedenen Eisenarten erwartet werden kann, sind im metallischen Zustande mit dem Eisen verbunden. Man wird darin also keine Oxyde der Kohle, des Chrom, des Phosphor, Silicium u. s. f. aufzusuchen Veranlassung erhalten. Aber alle Beimischungen, mit Ausnahme von sehr wenigen, sind immer nur in so geringer Menge vorhanden, daß es oft schwer ist, die Quantität zu bestimmen.

Zu den schwierigsten quantitativen Bestimmungen gehört die der gebundenen Kohle. Die ungebundene Kohle ist in Säuren, mit Ausnahme der mit Salpetersäure versetzten Schwefelsäure in der Siedhitze, völlig unauflöslich und wird in der Temperatur unter der Glühhitze, durch keinen oxydirten Körper zersetzt, weshalb sich die Menge der ungebundenen Kohle in dem Rückstande von der Auflösung in Säuren leicht bestimmen läßt. Aber das graue Roheisen ist die einzige Eisenart, welche einen bedeutenden Theil ihres Kohlegehaltes als ungebundene Kohle enthält; in allen übrigen Eisenarten ist die Kohle, theils an die ganze Masse des Eisens gebunden, theils mit einer Quantität Eisen zu einem Polycarburet vereinigt. Bei der Anwendung von Salzsäure wird die gebundene Kohle fast gänzlich in Gas- und Oel-Gestalt verflüchtigt; durch Schwefelsäure entsteht ebenfalls ein solcher Verlust an Kohle, und Salpetersäure löst einen großen Theil wirklich auf, so daß es unmöglich ist, die Menge der gebundenen Kohle durch Auflösen des Eisens in

Säuren, nur einigermaßen mit Wahrscheinlichkeit zu bestimmen. Die quantitative Bestimmung der Kohle im Eisen wird daher auf die schon oben (§§. 165—169. 292.) angegebene Weise erfolgen müssen.

Der Gehalt an Schwefel ist, selbst bei dem durch den Schwefelgehalt rothbrüchig gewordenem Eisen, so unbedeutend, daß er durch Baryterdensalze nicht mit Zuverlässigkeit ausgemittelt werden kann, wenn man den Schwefel durch Auflösen des Eisens in Königswasser in der Siedhitze in Schwefelsäure umgeändert hat. Es ist daher nöthig, das Verfahren anzuwenden, welches oben (§. 183.) mitgetheilt worden ist.

§. 330.

Den Gehalt an Phosphor (§. 191.) und Chrom bestimmt man auf die Weise, daß das Eisen in der Siedhitze in Königswasser aufgelöst wird. Die Auflösung findet immer mit einer heftigen Einwirkung der Säure auf das Eisen statt, und erfolgt sehr schnell. Die Flüssigkeit wird von dem unauflöslichen Rückstand durch Filtriren gesondert und der Rückstand auf dem Filtro, wie gewöhnlich, vollständig ausgesüßt. Die Flüssigkeit enthält den ganzen Gehalt des Eisens an Phosphor und Chrom als Phosphorsäure und als Chromsäure. Sie wird durch kohlensaures Natron vollständig zersetzt und der Niederschlag durch Filtriren von der Flüssigkeit abgesondert. Dieser Niederschlag enthält alle Phosphor- und Chromsäure im Zustande basischer Eisenoxydsalze. Er muß auf dem Filtro ganz vollständig und so lange ausgesüßt werden, bis das Waschwasser durch einen Tropfen von einer verdünnten wässrigen Auflösung des salpetersauren Silberoxyds nicht im mindesten mehr getrübt wird. Die gelbliche Färbung der Flüssigkeit rührt von organischen Verbindungen her, welche durch die Zersetzung der Kohle im Eisen bei der Einwirkung des Königswassers gebildet werden. Durch Schwefelwasserstoffgas ist keine Spur eines Niederschlages aus dieser Flüssigkeit zu erhalten.

Der Rückstand auf dem Filtro wird, nach dem erfolgten vollständigen Aussüßen, an der Luft getrocknet und dann mit viermal so viel entwässertem kohlensaurem Natron, — dem Gewicht nach, — geschmolzen. Man muß sich überzeugt haben, daß das Natron keine Spur von schwefelsaurem Natron enthält und auch durch salzsaure Salze nicht verunreinigt ist. Die Schmelzung geschieht im Platintiegel in einer lange anhaltenden starken Glühhitze über einer Lampe mit doppeltem Luftzuge. Eine vollständige Schmelzung findet dennoch nicht statt, sondern nur eine Sinterung, welche jedoch völlig zureichend ist. Wendet man, statt des kohlensauren Natron, ein Gemenge von 3 Theilen desselben mit 2 Theilen kohlensaurem Kali an, so erfolgt in der Regel eine vollständige Schmelzung. Die geschmolzene oder gefrittete Masse wird mit heißem Wasser aufgeweicht, zuletzt aus dem Tiegel geschüttet und mit größeren Quantitäten heißem Wasser in einem geräumigem Glasgefäß übergossen. Dann läßt man sie durch Ruhe sich klären, filtrirt sie durch ein doppeltes Filtrum, süßt den Rückstand mit heißem Wasser aus und sättigt die klare Flüssigkeit mit reiner Salpetersäure. Die neutrale Auflösung wird aufgekocht, um alle Kohlensäure zu entfernen, dann mit reiner Essigsäure stark angesäuert und mit essigsaurem Bleioxyd so lange versetzt als noch ein Niederschlag entsteht, welcher aufs Filtrum gebracht und zuerst mit Essigsäure und dann mit Wasser vollständig ausgesüßt wird. Das Aussüßen durch Essigsäure kann unbedenklich geschehen, weil das phosphorsaure Bleioxyd darin ganz unauflöslich ist. Das phosphorsaure Bleioxyd wird auf dem Filtro getrocknet, dann mit demselben verbrannt, mäßig ausgeglühet und nach dem Erkalten gewogen. Ich habe mich durch mehrfache Versuche überzeugt, daß sich der Phosphorgehalt des Eisens auf diese Weise ungleich genauer bestimmen läßt, als durch Zerlegung der königssauren Eisenauflösung mit Schwefel-Ammoniack, indem das Eisenoxyd einen Theil Phosphorsäure stets zurückhält, welches sich, auch

durch längere Zeit fortgesetztes Digeriren des äußerst voluminösen Niederschlages von Schwefeleisen mit Schwefel-Ammoniack nicht vollständig trennen läßt. Der Chromgehalt würde sich bekanntlich bei Anwendung von Schwefelammoniack nicht auffinden lassen, weil sich die Chromsäure in Oxydul verwandelt, das mit dem Schwefeleisen gleichzeitig niederfällt.

Von diesem, in einem bedeckten Porcellantiegel schwach geglüheten phosphorsauren Bleioxyd enthalten 100 Theile 19,4 Theile Phosphorsäure, indem das unter den angegebenen Umständen erhaltene phosphorsaure Bleioxyd aus 4 Mischungsgewichten Bleioxyd und aus 3 Mischungsgewichten Phosphorsäure zusammen gesetzt ist. Nach den Untersuchungen des Hrn. Berzelius bestehen jene 19,4 Phosphorsäure aus 8,525 Phosphor und 10,875 Sauerstoff, so daß 100 Theile jenes Niederschlages 8,525 Phosphor enthalten. Es ist indeß zuverlässiger, das phosphorsaure Bleioxyd zu trocknen, nach dem Verbrennen des Filtrums in einem Platintiegel mäßig zu glühen und nach dem Erkalten zu wiegen. Das phosphorsaure Bleioxyd wird in reiner Salpetersäure aufgelöst, von der zurückbleibenden Asche des Filtrums durch Filtriren abgesondert und durch Zusatz von Schwefelsäure in Bleivitriol umgeändert. Nachdem man etwas absoluten Alkohol zugesetzt und der Niederschlag sich gesenkt hat, wird derselbe aufs Filtrum gebracht, mit absolutem Alkohol ausgesüßt, getrocknet, geglühet und gewogen. Aus der Menge des Bleivitriols wird die Quantität des darin befindlichen Bleioxyds mit großer Zuverlässigkeit berechnet und das auf diese Weise gefundene Gewicht des Bleioxyds von dem des phosphorsauren Bleies in Abzug gebracht, wodurch man das Gewicht der Phosphorsäure erhält, woraus sich der Gehalt an Phosphor berechnen läßt. Dies mühsame Verfahren ist nicht zu umgehen, wenn die Menge des Phosphors genau bestimmt werden soll, weil das phosphorsaure Bleioxyd nicht immer die angegebene Zusammensetzung zeigt.

Wenn der mit essigsaurem Bleioxyd erhaltene Niederschlag **gelblich** gefärbt ist, so enthält er nicht blos Phosphorsäure, **sondern** auch Chromsäure. Die Quantität der letzteren habe ich **immer** höchst unbedeutend gefunden. Soll sie genau bestimmt **werden**, so muß der Niederschlag in concentrirter Salzsäure, **welche** mit dem dreifachen Volumen Alkohol verdünnt ist, aufgelöst **werden**. Die Flüssigkeit wird durch Filtriren von dem Chlorblei geschieden und mit Schwefelwasserstoffgas behandelt, um alles Bleioxyd vollständig zu entfernen. Die filtrirte und dann erhitzte Flüssigkeit wird nach dem Erkalten mit Aetzammoniack versetzt, welcher das aus der Chromsäure durch den Alkohol gebildete Chromoxyd mit grünlicher Farbe niederschlägt.

M o l y b d ä n und W o l f r a m habe ich noch niemals im Eisen gefunden. Käme es aber darin vor, so würde sich neben dem phosphorsauren und chromsauren Bleioxyd, auch molybdänsaures und wolframsaures Bleioxyd niederschlagen, die sich leicht durch Auflösen des Niederschlages in Salzsäure und durch den Zusatz von Schwefelammoniack zu der sauren Auflösung auffinden lassen würden. Es würde sich Schwefelblei niederschlagen und Molybdän- und Wolframschwefel würden in der Flüssigkeit zurückbleiben, aus welcher sie durch einen Zusatz von Säure im geschwefelten Zustande gefällt werden müßten. — Wenn das Eisen A r s e n i k enthalten sollte, so würde sich neben dem phosphorsauren auch arseniksaures Bleioxyd in dem Niederschlage befinden, welches eben so wie das molybdän- und wolframsaure Bleioxyd zu behandeln wäre. — Obgleich man daher sehr wohl thut, die durch das essigsaure Bleioxyd erhaltenen Niederschläge, auch wenn sie ganz ungefärbt sind, indem auch das arseniksaure Bleioxyd sich mit vollkommen weißer Farbe niederschlägt, vor dem Löthrohr näher zu untersuchen, so enthalten sie doch außer der Phosphorsäure schwerlich etwas anderes als Spuren von Chromsäure; es sey denn, daß die Beschaffenheit der Eisenerze

den Verdacht eines Arsenik- oder Wolframgehaltes des Eisens erregen könnte.

§. 331.

Der Siliciumgehalt des Eisens muß theils in den Rückständen von der Auflösung, theils in der sauren Auflösung selbst aufgesucht werden. Der größte Theil der Kieselerde wird von der Säure mit aufgenommen, und Eisen, welches bei dem Auflösen in Säuren keine Kieselerde zurück läßt, ist deshalb noch nicht ganz frei von Silicium. — Das Verfahren zur quantitativen Bestimmung des Silicium ist oben (§. 239.) angegeben. — Das Calcium wird bei dem Auflösen des kohlehaltigen Eisens in Säuren, von den letzteren völlig aufgelöst; nicht so verhält es sich mit der Bittererde, von welcher ein Theil in dem Rückstande aufgesucht werden muß. — Aus den Erfahrungen der Herren Stodart und Faraday muß man schließen, daß sich die Thonerde eben so verhält, obgleich die geringen Spuren von Thonerde, welche ich in dem von mir untersuchten Wootz gefunden habe, von der Säure jedesmal mit aufgelöst worden sind. — Calcium habe ich nicht, oder nur in kaum bemerkbaren Spuren, im Stabeisen, wohl aber in unbestimmbarer Menge im Roheisen gefunden. Bittererde wird ebenfalls fast nur im Roheisen angetroffen.

Um den Gehalt des Eisens an Erdbasen und Titan auszumitteln, bedient man sich am besten des Königswassers zur Auflösung. Auch ist es gut, Siedhitze anzuwenden, damit alle säurefähigen Basen gesäuert werden und die Untersuchung der Rückstände dadurch erleichtert wird. Diese bestehen bloß aus Kohlemetall (bei der Untersuchung des grauen Roheisens) aus oxydirter Kohle und aus Kieselerde. Die königssaure Auflösung kann nun, außer dem Eisenoxyd, dem Manganoxydul und den Oxyden von anderen schweren Metallen, noch Phosphorsäure, Arseniksäure u. s. f. und Erden enthalten. Die Oxyde der schweren Metalle, wenn man Ursache hat, dieselben in der Auf-

lösung zu vermuthen, müssen durch einen besonderen Versuch ausgemittelt und bestimmt werden. Die königssaure Auflösung versetzt man mit so viel Weinsteinsäure, daß durch Uebersättigung der Auflösung mit Aetzammoniack kein Niederschlag entsteht. Weil alle Weinsteinsäure noch einen geringen Rückhalt von Kieselerde besitzt, so muß dieser vorher durch Verkohlen und Einäschern einer bekannten Quantität Weinsteinsäure genau ausgemittelt werden. — Die stark amoniakalische Flüssigkeit wird mit Hydrothion-Ammoniack versetzt, und wenn sich nach wiederholtem Aufrühren des voluminösen Niederschlags, bei dem Zusatz von Hydrothion-Ammoniack, keine Trübung mehr einstellt, kann zum Filtriren geschritten werden, nachdem man dem Niederschlag einige Zeit gelassen hat, sich zu Boden zu setzen. Das Aussüßen muß ununterbrochen mit Wasser, welches mit Hydrothion-Ammoniack versetzt ist, geschehen, weil sich sonst etwas Schwefeleisen auflöst und mit durchs Filtrum geht. Die durchgeseihete Flüssigkeit wird aufgekocht und mit Salzsäure gesättigt, um alle Schwefel-Verbindungen zu zersetzen. Der Schwefelarsenik, wenn er vorhanden wäre, würde dadurch mit abgeschieden werden.

Die Flüssigkeit enthält jetzt, außer der Phosphorsäure (die aber nur zum Theil mit in die Flüssigkeit geht), sämmtliche Erden und das Titanoxyd, welche im metallischen Zustande mit dem Eisen verbunden waren. Sie wird abgedampft, die ammoniakalischen Salze werden verflüchtigt und der kohlige Rückstand wird unter der Muffel des Probirofens eingeäschert. Von dem Gewicht der Asche wird der durch die Weinsteinsäure hineingebrachte Gehalt an Kieselerde abgezogen, um das wahre Gewicht der Asche zu erhalten. Wenn das Eisen viel Phosphor enthält, so pflegt die Asche sehr stark zusammen zu backen. Sie muß mit einer reichlichen Menge von kohlensaurem Kali im Platinatiegel geschmolzen und die geschmolzene Masse in siedendem Wasser aufgeweicht werden. Der Rückstand wird auf

Kieselerde, Thonerde, Kalkerde, Bittererde und Titanoxyd geprüft. Die alkalische Flüssigkeit enthält nur Kieselerde und Phosphorsäure (wenigstens habe ich niemals Thonerde darin gefunden). Der Rückstand wird mit Salzsäure digerirt und eingetrocknet, ohne die Hitze zu sehr zu steigern, indem alsdann bei dem Aufweichen mit Wasser bloß Kieselerde zurück bleibt. Die wässrige filtrirte Auflösung wird mit Aetzammoniack versetzt, welches das Titanoxyd und die Thonerde, wenn diese vorhanden ist, niederschlägt. Beide würden sich nur durch Schmelzen mit kohlensaurem Kali, welches bloß die Thonerde aufnimmt, indem das im Wasser unauflösliche titansaure Kalk zurück bleibt, trennen lassen. Die durch Ammoniack zersetzte Flüssigkeit wird mit oxalsaurem Ammoniack auf einen möglichen Gehalt an Kalkerde geprüft und dann mit einer wässrigen Auflösung von kohlensaurem Kali in der Siedhitze zersetzt, um sich von dem Vorhandenseyn der Bittererde zu überzeugen.

§. 332.

Der Mangangehalt des Eisens läßt sich am besten durch einen besondern Versuch bestimmen, in der Art, wie schon oben (§. 283.) angegeben worden ist. Das saure kohlensaure Kali leistet zwar zur Niederschlagung des Eisenoxyds aus der königssauren Auflösung noch bessere Dienste, als das kohlensaure Ammoniack; allein wenn die Auflösung stark angesäuert war, so entbindet sich auch aus dem kohlensauren Ammoniack so viel Kohlensäure, daß kein Manganoxydul niedergeschlagen wird. — Die Farbenlosigkeit der Auflösung giebt, wenn das zu untersuchende Eisen viel gebundene Kohle enthält, kein Kennzeichen für die vollständig erfolgte Zersetzung, weil die Kohle die Flüssigkeit auch dann noch gelb färbt, wenn sie keine Spur von Eisenoxyd mehr enthält. Wenn die geröthete Lacmustinktur schwach gebläuet wird, muß mit dem Zusatz des kohlensauren Ammoniack eingehalten und die Flüssigkeit möglichst schnell filtrirt, auch mit dem Aussüßen mit kaltem Wasser ununterbrochen

fortgefahren werden. Die Flüssigkeit wird mit einigen Tropfen Salzsäure vollständig neutralisirt und dann durch Abdampfen concentrirt. Sie könnte außer dem Manganoxydul, noch Kalkerde und Bittererde enthalten, weshalb es vorzuziehen ist, sie durch Hydrothion-Ammoniack niederzuschlagen, das Schwefelmangan zu sammeln, in concentrirter Salzsäure aufzulösen, zu filtriren und die saure Flüssigkeit in der Siedhitze mit kohlensaurem Kali zu zersetzen. Der Niederschlag wird gesammelt, und in einem offenen Tiegel anhaltend geglühet. 100 Theile desselben entsprechen 72,75 Theilen regulinischem Mangan.

§. 333.

Der Gehalt des Eisens an Kupfer, Arsenik, Blei, Zinn, Wismuth, Antimon und Silber, wird am leichtesten und vollkommensten dadurch ausgemittelt, daß durch die königssaure und stark verdünnte Auflösung des Eisens, ein starker Strom von Schwefelwasserstoffgas geleitet wird. Der Niederschlag muß auf einem Porcellanscherben sorgfältig abgeröstet werden, um den vielen Schwefel zu verbrennen, welcher, wegen der Umänderung des Eisenoxyds in Oxydul, jedesmal mit niederfällt. Verflüchtigt sich der Schwefel ohne Rückstand, so enthält das Eisen wenigstens keine Beimengungen von den genannten Metallen, deren Sulphurete oder Oxyde nicht flüchtig sind. Bleibt ein Rückstand, so muß derselbe nach der Beschaffenheit des Metalles, welches man vermuthet, in Salpetersäure oder in Königswasser aufgelöst werden. Wäre das Eisen eines Arsenik- oder eines Antimon-Gehaltes verdächtig, so ist es besser, das Abrösten des Niederschlages zu unterlassen und ihn vorher mit Schwefelwasserstoff-Ammoniack zu behandeln.

Geringe Quantitäten Silber lösen sich wirklich in Königswasser auf, indem kein Hornsilber niederfällt, oder wenigstens nicht in dem Rückstande von der Auflösung des Eisens in Königswasser angetroffen wird. Solche äußerst geringe Beimischun-

gen von Silber lassen sich nur durch Behandlung der Auflösung mit Schwefelwasserstoffgas auffinden.

Ein praktisch anwendbares Verfahren, sehr geringe Beimischungen von Zink, im Eisen mit aller Zuverlässigkeit auszumitteln und quantitativ zu bestimmen, ist noch nicht bekannt. Das Ammoniack ist gewiß kein scharfes Trennungsmittel und eben so wenig Zuverlässigkeit verdient die Behandlung des frisch niedergeschlagenen Eisenoxyds mit Aetzkali. — Genauer ist die Scheidung durch bernsteinsaures Ammoniack, welche auch bei der Scheidung des Eisens von Nickel und Kobalt anzuwenden ist, nur muß das Eisen in der sauren Auflösung vollkommen oxydirt, und die Auflösung selbst mit Aetzammoniack völlig neutralisirt seyn, ehe das Eisenoxyd durch bernsteinsaures Ammoniak niedergeschlagen wird. Eine starke Verdünnung der Auflösung ist dabei sehr zu empfehlen.

§. 334.

Bei so geringen Beimischungen, als sich in den verschiedenen Eisenarten gewöhnlich finden, ist es fast nothwendig, die quantitative Bestimmung eines jeden einzelnen beigemischten Körpers durch einen besonderen Versuch vorzunehmen. Außer der Kohle, dem Schwefel, Phosphor, Silicium, nebst Spuren von Titan und Chrom, und außer dem Mangan, welches im Roheisen vielleicht niemals fehlt, werden andere Beimischungen nur selten und nur als Ausnahmen angetroffen. Am schwierigsten ist es, den Gehalt an Erdbasen zu bestimmen, weil diese immer in so geringen Quantitäten vorkommen, daß sich nur stärkere oder geringere Spuren davon auffinden lassen.

Das Verfahren zur Ermittelung des Thonerdegehaltes ist schon vorhin (§§. 241. 330.) angegeben. Beide Methoden führen gleich gut zum Zweck, obgleich nur selten wirklich Spuren von Thonerde aufgefunden werden. Ob dieser seltene und immer nur höchst unbedeutende, quantitativ nicht zu bestimmende Gehalt an Thonerde, in der Wirklichkeit begründet, oder nur eine

Folge der Unvollkommenheit der Methoden ist, läßt sich mit Zuverlässigkeit nicht ermitteln, weil schärfere Trennungsmethoden des Eisenoxyds von Thonerde noch nicht bekannt sind. Wenn das Chloraluminium nicht fast eben so leicht sich verflüchtigte, als das Chlorsilicium und das Chloreisen, sondern wenn es die Feuerbeständigkeit des Chlorcalcium oder des Chlormagnesium besäße, so würde man den Gehalt von Aluminium durch Verbrennen des Eisens in Chlorgas ermitteln können. Dies scheint bis jetzt das einzige zuverlässige Verfahren zu seyn, die Spuren von Calcium und Magnesium im Eisen mit Zuverlässigkeit aufzufinden. Die Methode erfordert nur große Sorgfalt und Uebung, um nicht ein Verstopfen der Fortleitungsröhren durch das sich rasch entwickelnde Chloreisen herbeizuführen. Das fein zertheilte Eisen geräth in der Glaskugel im Chlorgase sehr schnell ins Glühen und brennt in dem Chlorgase so lange fort, bis das darüber wegstreichende Gas durch das sich bildende Chloreisen von der Einwirkung auf das Eisen abgehalten wird. Deshalb muß das gebildete Chloreisen mit der Alkohollampe sorgfältig fortgetrieben werden, wobei aber leicht eine zu heftige Entwickelung von Chloreisen veranlaßt wird. Das Chlorgas muß vollkommen frei von Wasserdampf seyn und daher, wie sich von selbst versteht, über salzsaure Kalkerde geleitet werden, ehe es in der Kugel, in welcher sich das zu verflüchtigende Eisen befindet, erhitzt wird. Aber bei aller Sorgfalt ist die Bildung von etwas basischem salzsaurem Eisenoxyd kaum zu vermeiden, auch tritt sehr leicht eine Zersetzung des Chlorsiliciums in der Fortleitungsröhre ein, weil sich ein, wenn auch nur höchst unbedeutender Hinzutritt von Wasserdampf aus dem Sperrungswasser kaum verhindern läßt. Wird der Versuch mit aller Sorgfalt ausgeführt, so wird alles Eisen als Chloreisen verflüchtigt und es bleiben in der Zersetzungskugel nur die Kohle und die feuerbeständigen Chlor-Verbindungen derjenigen Körper zurück, welche das Eisen als verunreinigende Beimischungen enthielt,

also auch das Chlorcalcium und Chlormagnesium. Durch die Verfahren lassen sich sehr geringe Spuren von jenen Erdbasen im Eisen nachweisen und es nicht zu bezweifeln, daß durch die Analysirmethode einmal ein vollständiger Aufschluß über diejenigen Beimischungen des Eisens wird erlangt werden, von denen nur Spuren vorhanden sind, welche dem analytischen Chemiker leicht entgehen können. Um dahin zu gelangeu, scheint es besonders nur erforderlich, einen Apparat auszumitteln, in welchem das Verbrennen des Eisens in dem darüber fortstreichenden Chlorgas, mit Bequemlichkeit und mit zuverlässigem Erfolge statt finden kann.

§. 335.

Es ist zwar auch in Vorschlag gebracht worden, bei der Analyse der Eisenarten die Quantität des wirklich darin befindlichen Eisens zu bestimmen, um durch die Differenz des gefundenen Gewichts desselben von dem Gewicht des zum Versuch angewendeten Eisens, die Menge der Bestandtheile im Eisen zu erfahren, welche nicht Eisen sind. Ein solches Verfahren würde zwar sehr unvollkommen bleiben, aber doch immer zu einer Art von Controlle dienen können, wenn nur Mittel bekannt wären, deren Anwendung es gestattete, von der Reinheit des aus der Auflösung in Königswasser oder in Chlor niedergeschlagenen Eisenoxydes überzeugt zu seyn. Enthält das Eisen Phosphor, Schwefel, Arsenik, so gehen die Säuren dieser Substanzen basische Verbindungen mit dem Eisenoxyd ein und vermehren dessen Gewicht. Selbst die Kieselerde würde in nicht unbedeutender Menge mit dem Eisenoxyd abgesondert werden, und es läßt sich daher aus dem Gewicht des Eisenoxyds die Menge des Eisens nicht berechnen. — Ein eigenthümliches Verfahren hat Hr. Fuchs angegeben (Erdmanns Journ. für prakt. Chemie XVII. 160. XVIII. 495.), welches sehr gut geeignet ist, den Gehalt an Eisen in den Eisenerzen, gleichzeitig auch die Menge des Eisenoxyds und des Eisenoxyduls, also den Oxydationszustand des Eisens

in den Erzen, zu bestimmen. Allein für die Analyse der Eisenarten, wobei geringe Theile eines Procentes des beigemischten fremdartigen Körpers gefunden und controllirt werden sollen, ist auch dies Verfahren unzureichend, besonders, weil die stöchiometrische Zahl des Eisens und des Kupfers dabei mit einer Genauigkeit bekannt seyn muß, von welcher sie jetzt noch entfernt ist. Weil aber die quantitative Bestimmung eines jeden dem Eisen beigemischten Körpers einen besonderen Versuch erfordert, so ist es recht zweckmäßig, auch die Quantität des Eisens selbst, durch einen besonderen Versuch, so vollkommen als möglich, zu bestimmen, um aus der Zusammenstellung der gefundenen Gewichte aller in dem untersuchten Eisen aufgefundenen Substanzen, das Resultat der Analyse zu controlliren. Unter allen Verfahrungsarten zur Ermittelung des wirklichen Eisengehaltes der Eisenarten, ist die Methode des Hrn. Fuchs die genaueste und vollkommenste.

§. 336.

Die Methode des Hrn. Fuchs gründet sich darauf, daß die Salzsäure, wenn der Luft der Zutritt nicht gestattet wird, kein Kupfer aufzulösen vermag, daß sie aber davon, wenn Eisenoxyd hinzukommt, oder vorher schon darin enthalten ist, einen diesem entsprechenden Theil des Kupfers auflöst. Es wird dabei salzsaures Eisenoxydul (Eisenchlorür) und salzsaures Kupferoxydul (Kupferchlorür) gebildet. Trägt man daher ein genau gewogenes Quantum von Kupfer in eine Auflösung von salzsaurem Eisenoxyd und kocht so lange, bis sich kein Kupfer mehr auflöst, gießt die Flüssigkeit dann ab, wäscht das unaufgelöste Kupfer mit Wasser gut ab, trocknet und wägt es, so erfährt man durch den Gewichtsunterschied, wieviel Kupfer aufgelöst worden ist. Dies Verfahren ist nur in dem Fall nicht anzuwenden, wenn Arseniksäure vorhanden ist, oder sich gebildet hat, indem diese das Kupfer oxydirt und eine Auflösung desselben in Salzsäure veranlaßt. Enthält das Erz oder das Eisen aber Titan, so

muß die Zersetzung der sauren Auflösung durch Kupfer nicht in der Siedhitze, sondern in einer niedrigen Temperatur vorgenommen werden, weil die Titansäure in der erhöheten Temperatur Sauerstoff an das Kupfer abgiebt, sich in Titanoxydul verwandelt und als solches in Salzsäure auflöst. In einer niedrigen Temperatur findet die Reduction der Titansäure zum Titanoxydul durch Kupfer nicht statt, daher wird auch das Kupfer dann durch die Titansäure nicht oxydirt und von der Salzsäure also auch nicht aufgelöst werden.

Hat man die Menge des aufgelösten Kupfers ermittelt, so läßt sich die Quantität des in der Salzsäure aufgelösten Eisenoxyds leicht ermitteln, denn man darf nur mit der stöchiometrischen Zahl des Eisenoxydes, — welche Hr. Fuchs = 40 setzt, weil er für die des Eisens = 28 als die richtigste annehmen zu müssen glaubt, — die aufgelöste Kupfermenge multipliciren und das Product mit der stöchiometrischen Zahl des Kupfers = 31,7 dividiren. Der Quotient zeigt die Menge des Eisenoxyds an, welches in der Auflösung befindlich war, woraus sich dann die Menge des regulinischen Eisens leicht berechnen läßt. Es verhält sich nämlich die stöchiometrische Zahl des Kupfers zur stöchiometrischen Zahl des Eisenoxyds, wie sich verhält das aufgelöste Kupfer zu der in der Salzsäure aufgelöst gewesenen Quantität Eisenoxyd, welche bestimmt werden soll. Will man das dem Eisenoxyd entsprechende regulinische Eisen wissen, so darf man auch nur sogleich für die stöchiometrische Zahl des Eisenoxydes (40), die des Eisens (28) setzen. Um auf solche leichte und einfache Weise die Quantität des Eisenoxyds, also auch die des regulinischen Eisens zu ermitteln, ist nur die Befolgung einiger Vorsichtsmaaßregeln erforderlich, die Hr. Fuchs in folgender Art angiebt.

1. Das Kupfer muß rein und besonders eisenfrei seyn. Es ist daher rathsam, sich dasselbe aus Kupfervitriol durch Präcipitation mittelst Eisen und Auskochen des Niederschlags mit

Salzsäure zu bereiten. Dies wird zusammengeschmolzen und zu Blechen ausgewalzt, welche in 3—4 Linien breite Streifen geschnitten werden. Vor dem Gebrauch müssen sie nochmals mit Salzsäure ausgekocht werden, weil ihnen fast immer etwas Kupferoxydul anhängt, wodurch das Resultat des Versuchs unrichtig werden würde. — Hat man Gelegenheit das beste russische (Paschkow) Kupfer zu erhalten, so kann dieses füglich statt des aus Kupfervitriol reducirten Kupfers angewendet werden, weil es keine Spur von Eisen enthält. — Die Quantität des zu jedem Versuch erforderlichen Kupfers, so daß stets noch ein nicht unbedeutender wägbarer Theil unaufgelöst bleibt, läßt sich leicht ermitteln, indem zu 100 Theilen Eisenoxyd in der Auflösung, 80 Theile Kupfer völlig verwendet werden. 100 Theile metallisches Eisen in der Auflösung, im Maximo der Oxydation, erfordern also 114 Theile Kupfer, von denen nur sehr wenig unaufgelöst zurück bleiben würde.

2. Die Salzsäure, welche ziemlich rein und concentrirt seyn muß, ist im Uebermaaße anzuwenden, — nicht nur deshalb, damit sie während der Operation, wobei immer ein bedeutender Theil verflüchtigt wird, bis an das Ende in hinreichender Menge vorhanden sey, sondern auch, damit das sich bildende salzsaure Kupferoxydul dadurch aufgelöst erhalten werde. Man kann auch nöthigenfalls gegen das Ende der Operation etwas Salzsäure nachtragen; am besten im erwärmten oder mit heißem Wasser versetzten Zustande, in so ferne nicht Titansäure in der Auflösung erwartet wird.

3. Um alles in der Auflösung befindliche Eisen genau bestimmen zu können, muß dasselbe, ehe das Kupfer eingetragen wird, auf das Maximum der Oxydation gebracht seyn, weil sonst ein zu geringer Eisengehalt gefunden werden würde. Salpetersäure ist dazu nicht anwendbar, weil ein Ueberschuß derselben, selbst wenn die Flüssigkeit bis zur Trockniß abgedampft wird, nicht ganz entfernt werden kann und dadurch dann ein

Theil des Kupfers aufgelöst werden würde. Man muß entweder Chlorgas durch die Auflösung strömen lassen, oder was bequemer ist, derselben chlorsaures Kali in hinreichender Menge zusetzen, — nicht in Pulverform, sondern in Krystallen, weil sonst die Zersetzung dieses Salzes zu rasch und mit starkem Aufwallen der Flüssigkeit erfolgt und viel chlorige Säure wirkungslos verloren geht Dann wird die Flüssigkeit zum Sieden gebracht und 3 — 4 Minuten lang darin erhalten, um alles Chlor oder Chloroxyd zu verflüchtigen. Wenn die Flüssigkeit nur wenig abgekühlt ist, so daß sie nicht mehr siedet, kann man das Kupfer schon eintragen, ohne durch starkes Aufwallen der Flüssigkeit einen Verlust befürchten zu dürfen. Erwartet man aber Titan in der Auflösung, so muß der Zusatz des Kupfers erst nach dem völligen Abkühlen statt finden.

4. Während der Operation ist dafür zu sorgen, daß die Luft nicht einwirken kann. Deshalb muß man, wenn das Kupfer eingetragen ist, die Flüssigkeit so schnell als möglich zum Sieden bringen und dieses ohne Unterbrechung fortsetzen. Deshalb muß die Operation in einem Kolben vorgenommen werden, der aber ziemlich geräumig seyn muß, damit durch das etwa eintretende Aufstoßen der Flüssigkeit nichts weggeschleudert wird. Ist Titan vorhanden, so erfolgt die Zersetzung am besten in einem verschlossenen Kolben in niedriger Temperatur. Als Kennzeichen für das Ende des Zersetzungsprozesses dient die Farbe der Flüssigkeit. Bald nachdem das Kupfer zersetzt worden, wird sie dunkelbraun; nach einiger Zeit hellt sie sich auf und wird blaß gelblichgrün. Wird keine Veränderung weiter bemerkt, so ist die Operation beendigt. Bei der darauf folgenden Verdünnung mit Wasser muß sie sich wasserklar zeigen.

5. Um die Auflösung von dem unaufgelösten Kupfer zu entfernen, gießt man (ausgekochtes) Wasser zu und füllt den Kolben ganz damit an. Dann gießt man Alles sogleich ab und wiederholt das Aufgießen noch einmal. Zuletzt wird das rück-

ständige Kupfer, das gewöhnlich einen bräunlichen Anflug hat, wenn so fern die Zersetzung nicht in einer niedrigen Temperatur erfolgte, mit kaltem Wasser abgewaschen, bei etwas erhöhter Temperatur getrocknet und gewogen, worauf die oben angegebene Berechnung folgt.

Bei diesem Verfahren üben die gewöhnlichen Beimischungen des Eisens keinen nachtheiligen Einfluß aus und sind der Bestimmung des Eisengehaltes nicht hinderlich. Es können, ohne Nachtheil für die Anwendbarkeit dieser Methode, vorhanden seyn: Kieselerde, Thonerde, Bittererde, Kalkerde, Titanoxyd (bei der Zersetzung in niedriger Temperatur), Manganoxydul, Phosphorsäure, Schwefelsäure, indem bei ihrer Gegenwart nicht mehr und nicht weniger Kupfer aufgelöst wird, als wenn sie nicht vorhanden sind. (Nur Kupfer selbst, als Beimischung des Eisens, würde ein unrichtiges Resultat geben).

Hr. Fuchs hat einige Versuche mit verschiedenen Eisensorten mitgetheilt, um die Zuverlässigkeit der Methode zu prüfen.

a. Es wurden 50 Gr. graues und weiches Roheisen von der Maximilianshütte bei Bergen in Salzsäure aufgelöst, mit chlorsaurem Kali auf das Maximum oxydirt und sodann mit 80 Gr. Kupfer behandelt. Das aufgelöste Kupfer betrug 53,4 Gran, welchen 47,16 Gran reines Eisen entsprechen, denn: $31{,}7 : 28 = 53{,}4 : x$, wo x das reine regulinische Eisen in 50 Gr. Roheisen anzeigt und bei der Rechnung zu 47,16 gefunden wird. Das Roheisen enthält also 94,33 Procent Eisen. Als Beimischungen fand Hr. F. Kohle, Phosphor und Schwefel, nämlich:

Kohle . .	3,43
Silicium .	1,75
Phosphor .	0,37
Schwefel .	0,12
Eisen . .	94,33
	100

Zur Bestimmung des Kohlegehaltes ward salzsaures Eisenoxyd angewendet, in dessen wässrige Auflösung vorher (um die freie Säure zu entfetnen) so lange kohlensaurer Kalk gebracht ward, bis sie eine dunkelrothe Farbe annahm und schon etwas Eisenoxyd niederzufallen schien.

b. Es wurden 50 Gr. sehr weiches englisches Stabeisen in Salzsäure aufgelöst, mit chlorsaurem Kali behandelt und die Flüssigkeit durch Kupfer zersetzt, wozu 85,8 Gr. angewendet wurden. Es blieben 29,6 Gr. unaufgelöst und es wurden folglich 56,2 Gr. von der Flüssigkeit aufgenommen. Da nun 31,7 : 28 = 56,2 : 49,64, so beträgt der wirkliche Eisengehalt des Stabeisens 49,64, oder 99,28 Procent. Ein zweiter Versuch gab 99,19 Procent.

Die Methode wird daher recht anwendbar seyn, als eine Eisenerzprobe auf dem nassen Wege, auch kann sie dazu dienen, den wahren Eisengehalt einer Eisensorte mit annähernder Genauigkeit zu bestimmen; allein man darf ganz scharfe und genaue Resultate für die Analyse der Eisenarten natürlich nicht erwarten, obgleich der wirkliche Eisengehalt durch dies Verfahren genauer und richtiger als durch andere Methoden gefunden wird.